

國立臺灣師範大學理學院科學教育研究所

碩士學位論文

Graduate Institute of Science Education

National Taiwan Normal University

Master's Thesis

以混合研究法探討職前教師對探究與實作課程的專業

需求：以臺師大理學院為例

Preservice Teachers' Professional Demands for Inquiry
and Practices Curriculum: A Mixed Method Research
Conducted with Science College Students in NTNU

周秉毅

Chou, Ping-Yi

指導教授：劉湘瑤博士

中華民國一〇九年九月

謝誌

歷時三年，終於完成科學教育所的學業及論文。這句話寫得如此理所當然，但我相信每一位曾經走過這條路的同志都能體會，這真是一條交織著挫折、掙扎、失落的荊棘之路。儘管一路走來狼狽，在此刻回望時卻發現自己真的走向終頁。

在三年的學期間，感謝科教所的教授們在每一堂課的講說，使身為研究生的自己能初窺學術工作者的語言及規則，並能有機會沐浴在不同領域的學術之海中。也非常感謝我的指導教授劉湘瑤老師，在每次陷入混沌之中總能指引方向，如醍醐灌頂，並始終相信我能完成論文，關鍵時刻給予支持及討論。修課及寫作的過程中，還有一位特別的同学志文，他帶著來自現場豐富的實務經驗，給予自己許多文獻上懸缺的真知灼見，我打從心底感謝能在研究所遇見這位夥伴。

完成一份學位論文對我有著許多意義，但其中最重要的是，我想與自己好好和解——與那位自大學以來總是步履蹣跚的自己擁抱。當我能完成這篇學位論文之時，期許自己能放下愧疚與虧欠，真正擔起師者的責任重頭學習，再往前一步，邁向下個鐘聲。

最後，我還想感謝我的家人，以及我想成為家人的那個人，總願意在背後陪著我，有你們的見證是我最大的幸運。

秉毅

2020.9.14 於瑞芳

摘要

本研究欲探討師資生對自然科學探究與實作課程的詮釋與意象，進而分析其對於探究與實作之專業需求，俾使回饋於師資培育課程如何協助師資生獲得充分的專業訓練。本研究經過二個階段的實施，第一階段以問卷對 47 位大三以上的理學院師資生進行施測，並以無母數的統計方法考驗修習探究與實作課程與否對於其教學自評的影響，再從中尋找四位不同科系且曾經修過探究與實作的師資生進行晤談，以開放編碼的方式產出編碼表成為分析架構，並作為第二階段深度訪談的基礎。第二階段擴大尋找另外九位修過探究與實作的師資生，並綜合前述的晤談結果及分析架構進行資料分析，從詮釋與意象之中建構出師資生對於探究與實作的教學者、學習者與課程的圖像，並以此為基礎結合 Klein 與 Goodlad (1978) 課程決策層次挖掘師資生對於探究與實作的專業需求。最後得出有趣的洞見並闡釋研究結論：(1)師資生對於探究與實作存有普遍且單一的定義，但在此定義之下的探究與實作之間卻存有不同的關係模型；(2)探究與實作表達豐富的內涵，不單只是課程及教學，甚至是一種研究能力、生活態度及感受的表現；(3)師資生的專業需求中除了跨領域外，更需要如何進行引導的教學與塑造探究的氛圍；(4)師資生的探究與實作旅程地圖的建立，能幫助師資培育者檢視師資生的進程及發覺其不足。

關鍵字：職前教師、師資生、探究與實作、專業需求、混合研究、師資培育、
108 課綱

Abstract

The purpose of this study is to better understand how preservice teachers from Science College in NTNU interpret the “Inquiry and Practices Course” which is adopted in our new curriculum standard and to what extent are they prepared for. Initially, I designed a quantitative study to explore whether the preservice teachers who had finished the Inquiry and Practices course early in education program could predict their performance in teaching Inquiry and Practices courses. However, the empirical results showed there existed non-significant relationship. The follow-up qualitative study was to interview 13 preservice teachers and tried to figure out how they interpret the Inquiry and Practices courses. The analysis showed that the interviewed preservice teachers had poor performance on “observe from questions” and “argument and modeling”. Surprisingly, they tended to define Inquiry and Practice like hands-on activities but differently interpreted the relationship between Inquiry and Practices. In addition, I claimed a preservice teachers’ customer journey map for Inquiry and Practices in order to ask for more attention on guided teaching and establishing the right atmosphere for inquiry.

Keywords: scientific inquiry and practice, 12-Year Basic Education, preservice science teacher, teacher education program, scientific inquiry, mixed method research, 2019 curriculum

目次

摘要.....	I
Abstract.....	II
第壹章 緒論.....	1
第一節 研究動機與背景.....	1
第二節 研究目的與待答問題.....	3
第三節 名詞釋義.....	3
第四節 研究範圍.....	4
第貳章 文獻探討.....	5
第一節 從世界教育的潮流到探究與實作的理想與需求.....	5
第二節 探究與實作的內涵及研究.....	17
第三節 探究與實作的師資培育及挑戰.....	29
第參章 研究方法.....	39
第一節 研究設計與流程.....	39
第二節 研究參與者.....	41
第三節 研究工具.....	44
第四節 資料蒐集與分析.....	47
第肆章 研究結果與討論.....	51
第一節 探究與實作課程對自我效能之影響.....	51
第二節 探究與實作的詮釋.....	55
第三節 探究與實作的專業需求.....	88
第四節 討論.....	101
第伍章 結論與建議.....	117
第一節 結論.....	117

第二節 研究限制與建議.....	119
第三節 個人反思.....	120
參考文獻.....	123
附錄一 介於老師和非老師之間：理學院師資生的「探究與實作教學能力」大調查.....	133



表次

表 1 學習表現架構表.....	12
表 2 探究與實作的學習內容	12
表 3 課室內科學探究的特徵與差異	21
表 4 教師與學生在 5E 學習環的行為.....	23
表 5 驅動性問題(driving question)的特徵	24
表 6 口語上的組塊(verbal prompts)示例	26
表 7 不使用探究式教學法的十項常見理由	35
表 8 研究參與者背景資料	41
表 9 問卷題目範例	44
表 10 晤談問題綱要	46
表 11 資料來源與研究問題之間的對應關係	47
表 12 分析架構	48
表 13 各構念的施測分數	52
表 14 有無修課在探究與實作教學能力之 U 考驗摘要表	53
表 15 教學者圖像	88
表 16 學習者圖像	90
表 17 課程圖像	91

圖次

圖 1 學習指南針.....	6
圖 2 核心素養的滾動圓輪意象網.....	10
圖 3 核心素養在課程綱要的轉化及其與學習重點的對應關係.....	10
圖 4 科學調查網絡.....	18
圖 5 科學探究的三階段七個部分.....	19
圖 6 研究設計.....	40
圖 7 學生經驗課程層次圖解.....	67
圖 8 教師知覺課程層次圖解.....	77
圖 9 正式課程層次圖解.....	87
圖 10 教學、學習、課程的滾動意象.....	109
圖 11 師資生的探究與實作旅程地圖.....	110
圖 12 從學習探究到探究教學的過度邊界.....	116

第壹章 緒論

第一節 研究動機與背景

21 世紀的人類所面對的世界充滿許多挑戰。自 2020 延燒至今的新型冠狀病毒(COVID-19)挾著人際網絡的密切交流，正失序地威脅全體人類的公共衛生及健康(Holshue, *et al.*, 2020)；而隨著全球暖化的加劇，各地的氣候與環境也正面臨極端的考驗，英國衛報(The Guardian)甚至以「氣候緊急狀態」(climate emergency)取代「氣候變遷」(climate change)，以提升人類關注該議題的強度(Carrington, 2019)；而隨著訊息傳遞速度更快、散佈範圍更廣，假新聞(fake news)也從各方面不同程度地影響人類的社會與日常生活，甚至對國家造成威脅(TNS Political & Social, 2018)，這些挑戰正如葉丙成曾言「這一代年輕人，面對的是一個無法從歷史經驗找答案的時代(王彩鸞，2016)。」然而，面對未來社會高度非結構化的議題及挑戰，人類該如何回應及準備，其中關鍵之一便在於從教育著手。OECD(2018)向教育界提出大哉問：現今的學生為了生存或改變未來的世界，會需要什麼樣的知識、技能、態度與價值？而現今的教育體系又該如何有效率的發展這些知識、技能、態度與價值？於是，世界的教育潮流也正為了回應社會問題而投身改革之列。

臺灣同樣躋身於此改革之浪潮，於 2014 年推出十二年國教，其中 108 新課綱也於 2019 年在社會各界的矚目之下磅礴登場，期待能藉新課綱的實施改善過去學生的學習沉痾，並能承擔未來社會的共業。例如在過去的自然領域教學現場中，教師們發現學生習慣於追求標準答案(determined problem)之學習方式，卻缺乏面對並解決不確定性的問題(undetermined problem)的策略或方法(陳育霖，2016)。TIMSS 2015 調查四年級及八年級的學生，數學及科學的整體表現雖然相對於其他國家優秀，但對於這兩科的學習興趣及自信卻是敬陪末座(王韻齡，2016)。此外，PISA 2015 的結果顯示我國學生的科學素養的成績雖然亮眼，但在

評量及設計科學探究表現則相對較弱，佘曉清便呼籲教學現場應該更重視實作與思考(程遠茜，2016)。而 108 新課綱的自然領綱中探究與實作的規劃正是為了回應此課題，一方面是強調跨科單元設計及四個研究歷程面向的學習內容，另一方面則是希望藉此使學生理解科學是如何運作，提供科學實踐的學習經驗(劉湘瑤，2016)。對於過去教學中總是過度重視學習知識本身，探究與實作也成為一種藉由教導「學習內容」的過程，讓學生學會「學習表現」(鄭志鵬，2016)，甚至期待藉由此課程的實施，學習提出有意義問題的能力(陳竹亭，2016)，即便無法立即提出解答，但能在探究有意義問題的過程中，累積更多面對未來社會挑戰的智慧。

然而課程改革的成效，位居核心的教師往往牽動著結果。隨著 108 新課綱的實施，探究與實作該如何教及如何學對於教師已成為一項重要課題，甫實施的探究與實作過去並未見於教師專業的培訓裡，而如何教及如何學旋即成為一股自教學現場而來的龐大需求。在臺灣各處皆能見到不同學科不同教育階段的教師參與探究與實作相關的研習，而教育部也結合各大學的力量透過不同的計劃為教師增能。同時，師資培育作為教師的源頭活水也於教育學程中規劃探究與實作的相關課程，為未來的教師裝備相關的教學知能。儘管如此，師資生們對於探究與實作的需求是否有被滿足，或經過師資培育後能使師資生具有足夠的教學知能，卻未於相關的研究中得到闡釋。究竟這群未來的教師真的已經準備好面對這次新的課程改革浪潮？研究者以「探究與實作」作為關鍵字，於臺灣碩博士論文知識加值系統僅能蒐獲與探討學習成效或課程主題相關的 31 篇論文，足見探究與實作在師資培育中的相關研究仍缺乏相對應的重視，已成為學術拼圖中的明顯缺漏。研究者同時身為師資生，欲帶著自身的觀點及研究視角親臨師資培育的現場，期待能為師資生的探究與實作增添更多的論述。

第二節 研究目的與待答問題

隨著 108 課綱的啟用，教學現場亦面臨極大的變化，其中探究與實作在自然領域中更是扮演關鍵的角色。由於過去的教師未曾經歷探究與實作的課程，可觀察現場端對於探究與實作的備課有極大的需求，故在臺灣各地不管官方或民間皆有許多研習及交流如火如荼地進行。然而反觀教師源頭中的師資培育，是否已經從上游培養出現場需要的教育人才？

本研究從未來的教師是否已經準備好面對這次新課綱為出發點，研究的主要目的，在於探討現階段的師資生對於探究與實作的準備程度如何。為填補學術上在探究與實作相關研究的斷層，本研究欲從臺灣師範大學理學院師資生的觀點及立場出發，作為一個實徵研究應能成為此領域具價值之基礎，且可能從研究結果中找到適合回饋於師資培育課程的洞見，使師培端的探究與實作課程能真正回應到師資生的需求。同時由於研究者本身亦有師資生的身分，故在研究分析的視角上，更能貼近師培現場並揉合更多第一線的觀點。研究者為探討師資生對探究與實作之準備程度，設定以下三個待答的研究問題：

- 一、有修習探究與實作課程的師資生其對探究與實作教學的自我效能是否優於無修課的師資生？
- 二、師資生如何詮釋探究與實作？
- 三、師資生在探究與實作的詮釋中表達了何種專業需求？

第三節 名詞釋義

(一)理學院師資生

本研究所界定的理學院師資生為臺灣師範大學（後簡稱臺師大）的師資培育學系包括物理學系、化學系、生命科學系、地球科學系等師資生，其身分為大二

以上修習師資培育學院所開設之教育專業及各師資培育學系開設之教育專門課程之學生。

(二)探究與實作

探究與實作為新課綱所規定，為貫串各學習階段且整合學科內容的核心素養，必須列入高中自然領域的必修課程及國中的跨科單元設計，惟其實施已從原來的獨立開設探究與實作之課程改為融入各學科之方式實施。探究與實作在課綱中包含四個歷程面向：發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享。

(三)專業需求

本研究所指專業需求乃對於師資生的自然科學探究與實作而言。本研究先透過 Klein 與 Goodlad (1978) 課程決策層次中的知覺層次與正式課程的差距從師資生的晤談尋找潛在需求，再經更多的詮釋與研究身自身經驗從中揉合出更細膩的論述，以挖掘師資生對於探究與實作的專業需求。

第四節 研究範圍

本研究所選取的研究對象以修習 106 至 107 兩學年度於臺師大所開設之探究與實作的修課師資生為主，故不宜將研究結果推論至 108 學年度之後新開設的探究與實作課程，同時由於其他師資培育學校所規畫之探究與實作課程內容不盡相同，故不宜將研究結果過度推論至臺師大以外之師資生群體。惟臺灣的師資生在師資培育的現場其實均有相似的處境，面對自然領綱的探究與實作也有類似的需求，故本研究對於其他群體的師資生或師資培育課程依然有可借鏡之處。

第貳章 文獻探討

因應世界教育改革的潮流，臺灣的教育也迎來 108 新課綱的上路。而教育現場第一線的教師們早已進入備戰狀態，如自然科教師為了因應新課程探究與實作，到處參與各地不管由官辦或民間所辦理的備課或研討。從遍地開花的備課或研討跡象亦可推知，教育現場對於探究與實作存在極大的需求能量。從教育現場的需求回推師培端，師資培育也勢必因應此次新課程的變革，對師資生進行培訓以回應探究與實作之需求，只是師培端所提供之探究與實作課程能否回應師資生的真實需求，值得更細緻的研究與進一步討論。

本章分作三節，第一節將從世界的教育潮流的介紹至探究與實作的理想，第二節探究與實作的內涵與相關研究，第三節則探討師資培育中探究與實作所遭遇的挑戰或困難。

第一節 從世界教育的潮流到探究與實作的理想與需求

一、從 OECD 2030 到新一代科學標準

(一)OECD 2030 的教育願景

隨著科技文明的發展，社會、經濟及環境也受到極大的挑戰，在社會方面全球已面臨人口爆炸的危機，導致土地居住、糧食不足甚至疫情如新冠病毒(COVID-19)於全球擴散傳染的問題；經濟方面受益於科學與科技知識的進步發展得以享受高品質的生活，卻也可能面臨過度的發展如假訊息或人工智慧所帶來的威脅；環境則在人類無止盡的開發下面臨全球暖化或氣候緊急狀態的威脅。人類的未來究竟該如何面臨這些挑戰？而未來的教育又應該呈現什麼內容才能使下一代具備解決未知挑戰的素養？經濟合作暨發展組織(the Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)發布一篇 2030 教育願景論述(The

Future of Education and Skills 2030 Project)，闡述了兩項各國皆須關注的議題：(1)現今的學生為了生存或改變未來的世界，會需要什麼樣的知識、技能、態度與價值？(2)而現今的教育體系又該如何有效率的發展這些知識、技能、態度與價值？(OECD, 2018)第一個議題其實是屬於該教什麼/該學什麼的層次(what to teach/learn)，而第二個議題則屬於如何教與學的層次(how to teach/learn)。OECD 結合專家學者共同發展出 2030 學習架構，稱為學習指南針(learning compass)(圖 1)。

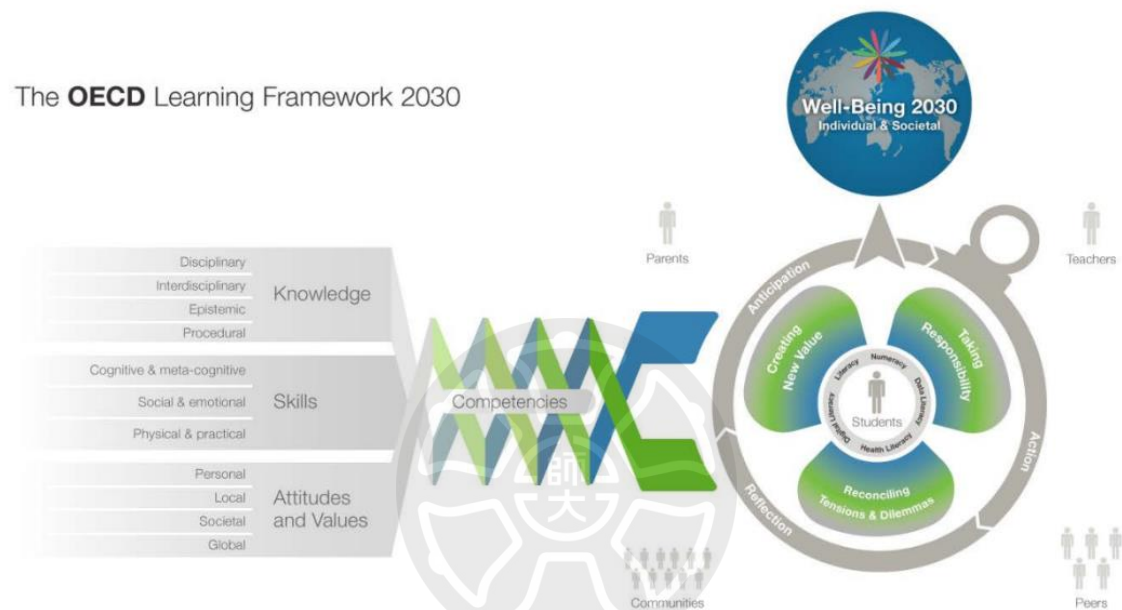


圖 1 學習指南針

(資料來源：OECD, 2018 p.4)

OECD 的學習指南針需要經過重新的校準才能發展出素養，包括需要確認學生是否有在學習關乎領域內(disciplinary)、跨領域(interdisciplinary)、程序性的知識(procedural)及知識論(epistemic)；關於認知與後設認知技能、社會的與情緒性的技能及身體與實踐的技能；關於有個人、在地、社會、全球的不同層面的態度及價值觀。同時雖然以學習者為中心，卻仍需要與父母、教師、同儕、社區共同支持。而透過素養的學習，在內圈能長出三片「負起責任(taking responsibility)、建立新的價值觀(creating new value)、協調衝突與兩難」(reconciling tensions & dilemmas)的葉子，在外圈則在課堂的 AAR 循環裡進行預期(anticipation)、行動

(action)及反思(reflection)，而最後讓指南針對準目標 2030 的世界裡兼顧個人與社會的幸福(well-being)，協助學習者發展成為「全人」(whole person)。

(二)新一代科學標準

美國近代的科學教育經歷了由全美科學教育改進學會(American Association for the Advancement of Science, AAAS)所發展的 Project 2061 提出「全民的科學」(Science for All American)，及由國家研究委員會(National Research Council, NRC)公布的《國家科學教育標準》(National Science Education Standards, NSES)目標旨在提升全民科學素養(邱美虹，2000)，然而科學教育仍存在許多改進空間。如在各階段(K-12)的科學教育，仍較缺乏連貫與一致性，且課程標準不但充滿細節知識也過於零碎，使科學課程招致膚淺的批評(a mile wide and an inch deep)(NRC, 2012)，同時也由於科學、工程與科技遍布於現代社會的每一面向，而這三者同為人類面臨現在及未來挑戰所需要的關鍵鑰匙，因此在這樣的社會背景之下，於2011年由美國國家研究委員會(NRC)主導發展 K-12 科學教育架構書(Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas)，基於科學與科學學習的研究結果，確認幼稚園到高中各階段的學生所需要學習的科學內容，隨後經各州來自科學、科學教育、高等教育及工業領域等不同背景的專業委員的共同發展，為自然科學領域制定出了《新一代科學標準》(The Next Generation Science Standards, NGSS)(張佳琳，2013)。

《新一代科學標準》(NGSS)的首要目標在於確保經歷完整的 12 年科學教育後，所有學生都能對科學感到好奇且能欣賞科學之美，並使學生能擁有足夠的科學及工程知識能參與公眾相關的議題討論，對於日常生活中所接收與科學或科技相關的資訊也能更為謹慎，以及未來的職涯發展裡也能因為科學的學習而有所助益。為了達至此目標，新世代科學標準(NGSS)最大的任務即是當學生處在一個充斥科學與科技高度發展的社會時，他們該如何準備及學習才能回應自己的生命及

社會中所扮演角色的議題(NRC, 2012)。因此在規劃這個標準架構時，提出 K-12 的科學教育需要涵蓋的三個主要面向：科學與工程實作(Science and Engineering Practices)、跨科概念(Crosscutting Concepts)、領域核心觀念(Disciplinary Core Ideas)。這三個面向是為了使學生在科學及工程方面的學習能有意義，且需要被落實於課綱、課程、教學及評量中。

科學與工程實作(Science and Engineering Practices)主要藉由八種實作讓學生能了解科學知識的發展及工程師的工作，同時理解工程與科學之間的連結，更重要的是，透過實作的方式來使學生能理解跨科概念及領域核心觀念。八種實作包括：(1)提問與定義問題(Asking questions and defining problems)；(2)開發與使用模型(Developing and using models)；(3)規劃與執行調查(Planning and carrying out investigations)；(4)分析與解釋數據(Analyzing and interpreting data)；(5)使用數學和運算思維(Using mathematics and computational thinking)；(6)建構解釋和設計解決方案(Constructing explanations and designing solutions)；(7)從證據中形成論證(Engaging in argument from evidence)；(8)獲取評估和交流資訊(Obtaining, evaluating, and communicating information)。

而為了幫助學生建立一個組織性的框架以連結各領域概念基礎，第二面向的七項跨科概念(crosscutting concepts)便成為重要的角色，包括(1)模式/型態(Patterns)；(2)因果關係(Cause and effect)；(3)尺度、比例及數量(Scale, proportion, and quantity)；(4)系統與系統模型(Systems and system models)；(5)能量與物質的傳輸、循環及守恆(Energy and matter: Flows, cycles, and conservation)；(6)結構與功能(Structure and function)；(7)改變與穩定(Stability and change)。這七項跨科概念能應用於科學的各領域裡，同時也提供一個路徑與面向三的領域核心概念做連結，而領域核心概念分屬四個不同的領域，物理科學(Physical sciences)、生命科學(Life sciences)、地球科學(Earth and space sciences)以及工程、科技與科學的應

用(Engineering, technology and applications of science)，要成為這四個核心領域則須有四項條件：(1)不同學科中的重要原理與原則；(2)能成為理解及探究更深入複雜問題的工具；(3)能與學生的興趣或生活中的經驗連結的知識；(4)具有深入淺出能發展為適合各不同階段供學生學習(NGSS Lead States, 2013)。

從 OECD 2030 Project 的教育趨勢到美國《新一代科學標準》(NGSS)的引介，能發現教育的改進方向不斷扣合世界的需求，回應著解決未來挑戰及問題所需具備的知識、能力及態度。接著將視角轉換至臺灣近年所發展的 108 新課綱，其中也能窺見透過課綱回應世界潮流及在自然領綱中如何回應社會真實的問題。

二、新課綱中自然領綱的探究與實作

(一)連貫總綱的精神於自然領綱

臺灣於民國 100 年即宣示啟動十二年國民基本教育，同年 9 月行政院也正式核定「十二年國民基本教育實施計畫」，明訂民國 103 年 8 月 1 日全面實施。十二年國教本於全人教育的精神，將學生視作終身學習者，以「自發」、「互動」、「共好」的理念，結合「啟發生命潛能」、「陶養生活知能」、「促進生涯發展」、「涵育公民責任」四項總體課程目標，期待能落實全人教育的理想（教育部，2014）。此與 OECD 所強調的素養導向教育、全人教育的精神及營造個人、社會的幸福理念相符(楊俊鴻，2018)。

同時為落實十二年國民基本教育的理念及目標於各教育階段及各領域/科目間，則以「核心素養」做為課程發展主軸，連貫總綱與各領域綱要之間的統整。十二年國民基本教育的核心素養分為三大面向：「自主行動」、「溝通互動」、「社會參與」，三大面向之下又再細分為九大項目：「身心素質與自我精進」、「系統思考與解決問題」、「規劃執行與創新應變」、「符號運用與溝通表達」、「科技資訊與媒體素養」、「藝術涵養與美感素養」、「道德實踐與公民意識」、「人際關係與團隊

合作」、「多元文化與國際理解」(圖 2)。考量領域/科目的理念及目標，則以上列的核心素養為內涵，再發展出各領域/科目的核心素養及各領域/科目的學習重點(圖 3)(國家教育研究院，2014)。學習重點由「學習表現」與「學習內容」兩向度組成，需要落實於課程設計、教材發展、教科書審查及學習評量等，並配合教學加以實踐。

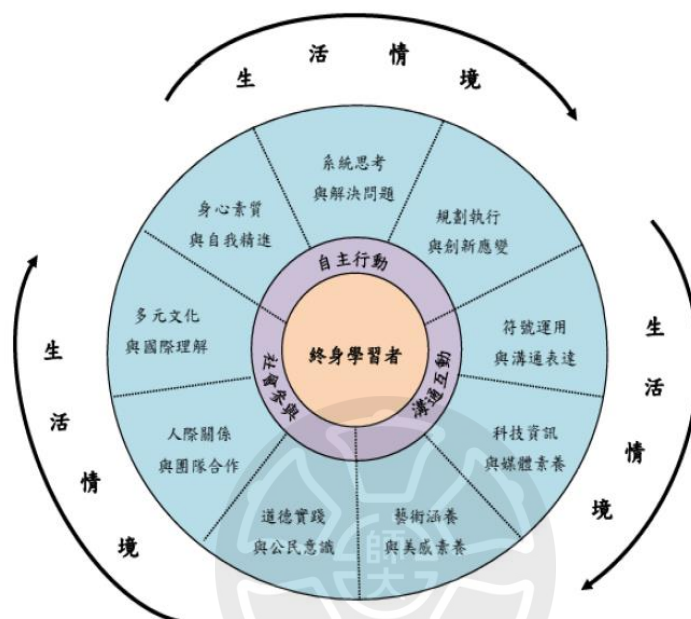


圖 2 核心素養的滾動圓輪意象

資料來源：十二年國民基本教育課程綱要總綱(p.3)

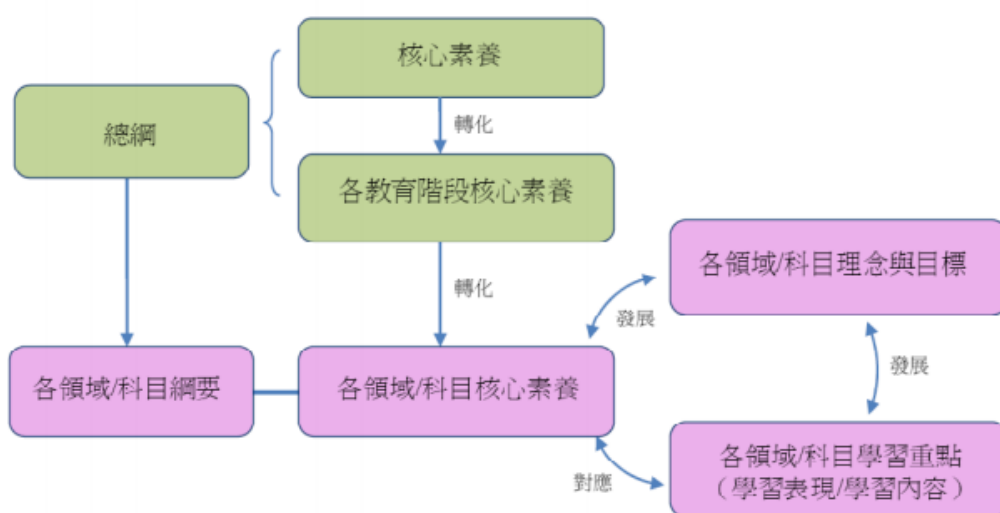


圖 3 核心素養在課程綱要的轉化及其與學習重點的對應關係

資料來源：國家教育研究院，2014 (p.8)

自然科學領域課程在十二年國教的基本理念引導下，訂定了五個課程目標，包括能使學生對自然科學具備好奇心與想像力並發揮理性思維的「啟發科學探究的熱忱與潛能」；使學生具備基本的科學知識、探究與實作能力及科學態度，以期能在生活中溝通、參與社會問題的解決及對科學相關資訊能有所反思的「建構科學素養」；使學生能養成對科學的正向態度、興趣及運用科技解決問題的「奠定持續學習科學與運用科技的基礎」；使學生能從欣賞大自然到付諸行動關懷人文環境的「培養社會關懷和守護自然之價值觀與行動力」；使學生具備科學知能以「為生涯發展作準備」(國家教育研究院，2017)。而為了邁向五個目標，自然領綱規劃的「探究與實作」課程，則成為實踐前述理念相當重要的關鍵。

自然領綱規畫探究與實作課程於高中教育階段佔部定必修學分數三分之一，同時也明定於國中教育階段需於每個學期至少包含一個跨科單元，實施跨科主題整合的探究與實作學習內容。課綱中同時明訂七項跨科概念作為統整學生的學習經驗，其分別列屬於三個自然領域的學習課題：自然界的組成與特性的「物質與能量」、「構造與功能」、「系統與尺度」；自然界的現象、規律及作用的「改變與穩定」、「交互作用」；及自然界的永續發展「科學與生活」、「資源與永續性」。這部分與 NGSS 第二面向的七項跨科概念(crosscutting concepts)其實相當一致，透過跨科概念及科學性社會議題，並以探究與實作作為途徑進行學習，學生能涵養科學的核心概念、探究的能力及科學態度，成為具備科學素養的公民(國家教育研究院，2017)。

(二)自然領綱中的探究與實作

108 新課綱捨棄九年一貫中對於十項基本能力及能力指標的論述(教育部，2001)，而是規範學習重點為「學習表現」及「學習內容」，以期在教學現場能整合知識、能力發展出核心素養，並於真實脈絡中學習(洪詠善、范信賢，2015)。而自然領域中的學習表現預期學生能在面對科學方面的問題時能展現科學探究

的能力與態度；學習內容則為探究問題的過程中重要的知識起點，且也是認識人類文明目前所已累積的科學知識。

學習表現分作科學認知、探究能力、科學的態度與本質三個面向，如

表 1 呈現。

表 1 學習表現架構表(資料來源：自然領綱，p.9)

項目	子項		第 1 碼
科學認知	對應相關學習內容，區分記憶、了解、應用、分析、評鑑、創造六個層次。		
探究能力	思考智能 (t)	想像創造 (i)	ti
		推理論證 (r)	tr
		批判思辨 (c)	tc
		建立模型 (m)	tm
	問題解決 (p)	觀察與定題 (o)	po
		計劃與執行 (e)	pe
		分析與發現 (a)	pa
		討論與傳達 (c)	pc
科學的態度與本質	培養科學探究的興趣 (ai)		ai
	養成應用科學思考與探究的習慣 (ah)		ah
	認識科學本質 (an)		an

學習表現中的探究能力，分作思考智能(t)及問題解決(p)，其中再各自陳述其子項。而探究與實作則以作為基礎開展，將學習重點分為「探究學習內容」、「實作學習內容」，於其細項則作更細緻的論述，如表 2 所呈現。

表 2 探究與實作的學習內容(資料來源：自然領綱，pp.40-41)

探究學習內容		實作學習內容
◎發現問題 基於好奇、求知或需要，觀察生活周遭和外在世界的現象，察覺可探究的問題，進而蒐集整理所需的資訊，釐清並訂定可解決或可測試的研究問題，預測可	觀察現象	·從日常經驗、學習活動、自然環境、書刊或網路媒體等，進行多方觀察。 ·運用感官或儀器辨識物體和現象的特性。 ·依據時間或空間的不同以觀察物體和現象的變化。 ·推測所觀察現象的可能成因。
	蒐集資訊	·利用報紙、圖書、網路與媒體蒐集相關資訊，並判斷資訊來源的可靠性。 ·閱讀與理解資訊內容。 ·整理並提取適當的資訊。

能的結果，提出想法、假說或模型。	形成或訂定問題	·依據觀察所得，經由蒐集資訊、閱讀和討論等過程，提出適合科學探究的問題。 ·當有多個問題同時存在時，能分辨並選擇優先重要之問題。
	提出可驗證的觀點	·依據選定的問題提出想法、假說或模型。
◎規劃與研究 根據提出的問題，擬定研究計畫和進度。辨明影響結果的變因，選擇或設計適當的工具儀器觀測，以獲得有效的資料數據，或根據預期目標並經由測試結果檢視最佳化條件。	尋找變因或條件	·判定與研究問題相關的影響因素，並分析因素間的關係。 ·合理的預測探究的可能結果。
	擬定研究計畫	·依據所提出的問題，計劃適當的方法、材料、設備與流程。 ·應用或組裝合適的器材與儀器。
	收集資料數據	·正確且安全的操作器材設備。 ·設計適當的紀錄格式並詳實記錄。 ·有系統性的收集定性或定量的資料數據或檢視最佳化條件。
◎論證與建模 分析資料數據以提出科學主張或結論、發現新知或找出解決案。發展模型以呈現或預測各因素之間的關係。檢核資料數據與其他研究結果的同，以提高結果的可信度，並察覺探究的限制。	分析資料和呈現證據	·使用資訊與數學等方法，有效整理資料數據。 ·依據整理後的資料數據，製作圖表。 ·由探究過程所得的資料數據，整理出規則，提出分析結果與相關證據。 ·比較自己、同學與其他相關的資訊或證據的合理性與正確性。
	解釋和推理	·由資料數據的變化趨勢，看出其蘊含的意義。 ·由資料數據顯示的相關性，推測其背後可能的因果關係。 ·根據探究結果形成解釋。
	提出結論或解決方案	·由探究所得的解釋形成論點。 ·依據證據提出合理的解決方案。 ·由探究結果形成結論、新的概念或問題。 ·檢核自己、同學的結論與其他相關的資訊或證據的異同。
	建立模型	·嘗試由探究結果建立合理模型以描述所觀察的現象。 ·察覺模型的侷限性。
◎表達與分享 運用適當的溝通工具呈現重要發現，與他人分享科	表達與溝通	·適當利用口語、文字、圖像、影音或實物等表達方式，呈現自己或理解他人的探究過程與成果。 ·正確運用科學名詞、符號或模型，呈現自己或理解他人的探究過程與成果。

學新 知與想法， 推廣個人或團 隊 的研究成果。		·有條理且具科學性的陳述探究成果。 ·運用各種資源與他人分享科學資訊。
	合作與討論	·傾聽他人的報告，並能提出具體的意見或建議。 ·評估同學的探究過程、結果或模型的優點和限制，並提出合理的疑問或提出改善方案。
	評價與省思	·反思探究成果的應用性、限制性及改進之處。 ·對各類科學資訊進行評估與判斷，審慎檢視其真實性與可信度。 ·體驗科學探究重視實作經驗證據的使用、合乎邏輯的推論，以及探究結果的再現性。 ·了解科學知識是人們理解現象的一種解釋，但不是唯一的解釋。

探究學習內容著重在科學探究的歷程，包含發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享；而實作學習內容則為可實際進行操作的科學活動，如觀察、測量、蒐集及分析資料、歸納解釋及作結論。領綱中也明示探究與實作的項目不一定有固定的順序及步驟，可以依據課程的主題採取循環或遞迴的方式進行。而在領綱的草案中，則有探究與實作的課程案例可作為課程發展的參考，其中也明訂了課程實施的三項指導原則：(1)課程設計與發展；(2)以問題(議題)導向引導探究，培養提問的能力；(3)教材宜有確實的參考資料(教育部，2016)。

三、探究與實作的現場需求

自然領綱規劃的探究實作課程，對許多在職的自然領域教師為一大挑戰(張仁壽，2016；張珮珊、賴吉永、溫嫩純，2017；謝甫宜，2019；何興中、李麗偵、林蓓伶、盧政良，2020；簡麗賢，2020；趙君傑，2020；吳仲卿，2020)，因此伴隨著探究與實作的實施，來自現場的需求也成為一項重要的議題。在 108 課綱正式上路前，教育部即委託中央大學的科學教育中心辦理「十二年國民基本教育自然科學探究與實作課程師資培訓平臺計畫」，以培訓高級中等學校自然領域教師具備探究與實作的課程設計能力，奠基對新課程的準備(教育部，2017a)，期待能培訓種子教師，並鼓勵成立跨科核心種子教師團隊，發展自然科探究與實作課程，

目前也於中央大學科教中心網頁留下研習資料以供查詢。教育部也委託臺灣科學教育館辦理「106-108 年中等學校教師探究與實作專業發展提升計畫」，並與臺灣師範大學科學教育中心協同辦理「中等學校科展指導結合探究與實作課程計畫」(教育部，2017b)。該計畫徵選國、高中成立種子學校，推動地區性的專業發展研習，透過科展指導結合探究與實作課程，指導學生並將其過程撰寫為教案，強化教師的實務能力，該計畫也挑選教學示例影片，供師生或家長可以進一步了解探究與實作的實施現場如何運作。而彰化師範大學科學教育所段曉林教授則受教育部委託辦理「國中小科學教師探究增能計畫」(彰化師範大學，2019a)，除了招募有意願精進探究教學知能的教師成為種子教師，並引入有經驗之教練共組社群。研習內容包含探究教案的撰寫演練及評析、探究教學的反思策略與改進，並讓社群成員共同完成探究教案參與競賽。此計畫也已執行五年，俾使全國國中小參與計畫的教師能裝備探究教學的知能，並於學校順利推展探究與實作的課程。

除了前述由不同的學術單位執行教育部之計畫，以各層級的學校為對象進行教師的專業知能培訓，教育部國教署也分別於臺南第一高級中學及師範大學附屬高級中學設立南、北兩處的區域探究與實作推動中心(教育部，2020a)，企圖更進一步整合相關資源，橫向整合國家教育研究院、課綱研修小組、高中學科中心，縱向連貫國中小、高中至大學課程，循序漸進的推動並落實探究與實作的實施。遠哲科學基金會自 1994 年開始每年舉辦中學生的趣味科學競賽，經年累月也累積一百多項科學實作的題目，國教署於是結合該資源與彰化師範大學理學院、自然學科專家學者、現職中小學教師，共同建置探究與實作教案協作平台——全民科學平台，以維基協作平台的方式，提供各界參考使用，期待成為中小學教師的參考教材及教法資料庫(吳仲卿，2020)。另一方面，科技部則於民國 103 年成立「科學教育實作學門」(盧玉玲，2019)，其中的內涵包括科學概念數位多媒體設計製作、科學學習軟體設計製作、科學玩具設計製作、科學實驗器材設計製作以及跨領域數位多媒體、學習軟體、玩具或實驗器材設計製作等豐富之領域，透過官產

學的合作及研究開發更多的實作產品，為探究與實作之課程實施提供媒材、軟體或設備之需求，亦扮演重要的角色。

除了由上而下的推動探究與實作之外，也有從在地自發組成的探究與實作共備社群。民國 106 年高雄及臺南幾所高中自然科背景的校長、主任、教師及課督，共同組成「跨領域跨校跨縣市」的教師共備社群(PIKA 探究與實作教學共備社群)，利用工作之餘的時間，研發探究與實作的課程，並發展出六階層的課程模式，推廣給現場第一線的老師使用(何興中，2018)。除了籌組跨校社群、培訓種子教師之外，也因應各校不同的需求入校陪伴共備，並進行公開授課(陳盈瑩，2018)。甚至更進一步籌組「中華民國探究與實作學會」，至今已籌辦兩屆的探究與實作年會。而於民國 103 年由高雄市政府教育局與財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心(簡稱國網中心)為培養教師及學生的資訊素養開始試辦「這樣教我就懂」，至民國 108 年也已經擴大為由教育部及科技部共同指導，國網中心與國立自然科學博物館、國立海洋生物博物館、國立海洋科技博物館、國立臺灣科學教育館、國立科學工藝博物館等國內五大博物館合作共同舉辦之「全國科學探究競賽—這樣教我就懂」(教育部，2020b)，以培養科學的愛好者為核心目的，藉由競賽讓同儕進行論與團隊合作，透過系統思考及解決問題將探究結果運用於生活之中，並能將教案與探究式教學進行分享。

四、小結

從世界的教育潮流到美國《新一代科學標準》，能看到課綱的規劃與理想不斷回應社會的真實問題。另一方面，108 課綱的核心素養到自然領綱的探究與實作課程，也是為了培養學生解決問題所需要的知識、能力及態度，可見此課綱的改進方向與世界的教育趨勢是一致的。然而新課程該如何具體落實於教學現場，在職教師該如何充實探究與實作的知能，這股來自於現場實務的龐大需求，則讓近年的臺灣從政府立場或民間角度提供各種不同的管道供在職教師進行學習與

進修。從世界的教育趨勢到探究與實作的落實，也指引出本研究將從對探究與實作的需求切入。另一方面，對於探究與實作的相關研究及探究的內涵，將於次節進行介紹。

第二節 探究與實作的內涵及研究

從前一節對於自然領綱的探討可以得知，新課程所規劃的探究與實作其內涵與 NGSS 中的探究一致，故本節將探究與實作視作探究，進一步探討其內涵與教學上的內涵，並從實施探究與實作相關的研究切入，分析目前探究與實作教學的現況。

一、科學探究的內涵

對科學探究內涵的描述，可從較早的全美科學教育改進學會所出版的 Science: A Process Approach(AAAS, 1964)窺探，文件提到學生需要具備問題解決能力、發現及科學地思考等能力，而其中的進行觀察、分類、測量、溝通、預測、推論等都被視作關鍵的能力。Shulman 與 Keislar (1966)則將這些技能置入問題解決過程的脈絡，使科學探究不僅只關乎技能的培養。問題解決的過程以覺察一個問題作為起始，共經歷四個步驟，包含：(1)問題覺察；(2)定義問題；(3)針對問題進行搜尋，建構假設及探索可能的解決方案；(4)問題解決。

然而此種定義雖然已經對探究的內涵劃分出一個明確範圍，卻不免陷入一種狹隘的觀點，僅將之視為科學方法，認為探究是一種線性的問題解決過程(Etheredge & Rudnitsky, 2003)。Krajcik 與 Czerniak (2007)則建構一個科學調查網絡(the investigation web)(圖 4)重新論述一個非線性及循環且動態的科學探究觀點，其中包含：(1)初始著手(messing about)；(2)提問並精煉問題；(3)計畫及設計實驗；(4)執行實驗工作；(5)使資料有意義；(6)尋找資料；(7)與他人分享。由圖中複雜的網絡可以得知，學生可能在其中的某幾個部分不斷來回，而這模型其實

更接近真實的科學實務，是一種非線性且充滿混亂(messy)的過程。雖然科學調查網絡有非常多的成分，但 Krajcik 與 Czerniak 也提醒每個探究的成分對於學生的學習都很重要，需要同步同時(in concert)的練習。

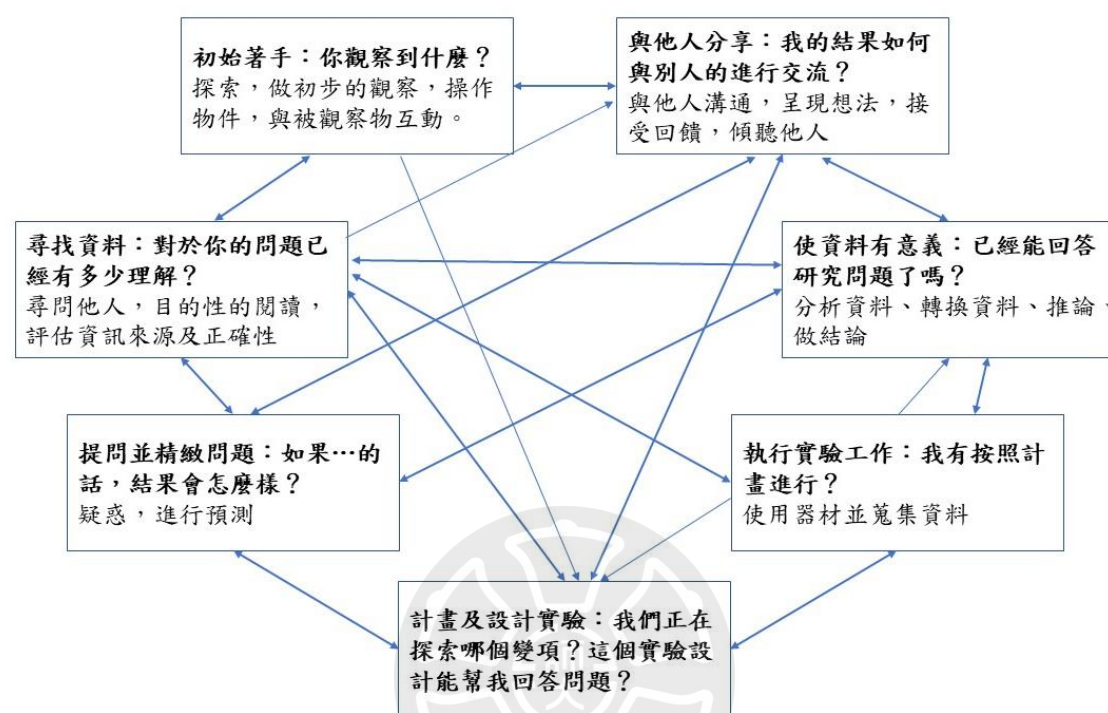


圖 4 科學調查網絡 (引自 Krajcik & Czerniak, 2007)

課綱標準裡也能見到對於探究的論述。如《國家科學教育標準》(NSES)中將科學探究分為兩種不同的群體活動，其一是科學家在研究真實的自然世界，並從研究工作中基於證據所提出的解釋；另一則是指學生理解及發展科學知識的活動，同時在活動中也能理解科學家是如何在真實世界中從事科學的工作(NRC, 2000)。而標準中也進一步為探究給予定義：「探究是一個多面向的活動，其中包含進行觀察、提出問題、從書本及其他來源以確認已知的資訊、計畫如何調查、檢視已知的實驗證據、使用工具去蒐集分析及詮釋資料、嘗試對問題提出解答、解釋與預測，並與其他人溝通整個實驗的結果(NRC, 1996)。」而《新一代科學標準》(NGSS)則以八個不同的實作(practices)定義了科學探究，而實作則反映了科學家及工程師的真實工作，包含(1)提問與定義問題：從一個關於現象的問題開始，並

發展一些解釋問題的理論；(2)開發與使用模型：利用各種模型以解釋自然現象，或者用來檢驗假設；(3)規劃與執行調查：計畫和進行系統性的調查，並使用蒐集到的觀察資料和數據來測試現有的理論和解釋；(4)分析與解釋數據：使用工具如圖表或圖形等不同策略辨識數據中的重要特徵及模式；(5)使用數學和運算思維：建構模擬、統計分析數據以及識別、表達和應用定量關係；(6)建構解釋和設計解決方案：依據理論及證據條件提出有條理的解釋；(7)從證據中形成論證：透過推理與論證說明數據如何支持主張；(8)獲取評估和交流資訊：透過書面或口頭等形式進行溝通與分享，學習科學家交流研究發現的過程(NRC, 2012)。

Llewellyn(2011)將科學探究的流程分作三階段及七個部分(圖 5)，分別是第一階段：問題，包括(1)探索現象；(2)專注在一個問題。第二階段：過程，包括(3)計畫一個調查活動；(4)執行該調查活動。第三階段：結果，包括(5)分析資料及尋找證據；(6)建構新知識；(7)溝通新知識。此流程展現一系列認知技巧及學習表現的機會，使教師可以更熟悉科學探究的過程，同時也可成為轉化傳統食譜式實驗為探究式實驗的基礎，且能提供成為評量可使用的框架。



圖 5 科學探究的三階段七個部分 (引自 Llewellyn, 2011)

綜上所述，探究的過程雖然有許多不同模式與細節，但其共同特徵皆包含需要有來自觀察現象的問題，並對問題作定義及思考如何規劃與設計實驗過程，接著蒐集與分析資料，並從資料發展為證據成為與他人分享結果的基礎。其特徵基本也可以對應臺灣的自然領綱中，對探究與實作的四項學習表現：發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享。而探究的內涵豐富，綜觀以上的研究至少有三種不同的內涵，前兩種如 Flick 與 Lederman (2006)所言：「探究代表了現代的科學是如何進行，其中包含多元的過程與思考方法成為發展科學新知的重要基石。另一則是，探究本身是為一種科學本質，展示一種知識敘明了科學家如何發展科學知識的過程。因此，對學生而言探究可視為兩種不同的學習成果，一是關於如何進行科學的能力，二是關於科學形成過程的知識(p. ix)。」第三種內涵則是關於科學教師如何利用探究的方式教導科學內容，亦如 Flick 與 Lederman(2006)接續說道：「學生如果能透過如科學家的探究過程進行學習，在科學上的學習成效將會非常好。」而關於探究教學的內涵，將於次小節繼續作進一步的介紹。

二、探究教學的內涵與策略

(一)探究教學的內涵

NRC(2000)在 NSES 中定義探究內涵作為學生學習成果後，隨即也進一步針對教師提出如何透過探究進行教學的議題，在此議題上則舉出六項的科學教學標準(Science Teaching Standards)供指引：

標準一、科學教師能為學生規劃以探究為基礎的科學學程：例如能發展短期或長期的學習框架；能依學生的經驗、知識、興趣、能力發展適合的科學課程；能掌握有效的教學或評量策略幫助學生理解且形塑一個科學學習的社群。

標準二、科學教師能引導且促進學生的學習：例如能支持學生進行探究活動；能精心設計如何與學生進行科學討論的對話；能引導且鼓勵學生都能投入科學的

學習中；幫助學生建立科學探究的技巧以及科學的態度如好奇心、對任何想法保持開放與懷疑。

標準三、科學教師能對自己的教學及學生的學習隨時進行評量：例如使用各種方式蒐集學生已理解的證據；引導學生能自我評量；能從學生回饋、自己的教學紀錄或其他同事的觀察回饋中反省改進自己的教學實務。

標準四、科學教師能經營一個適合的學習環境，包含為探究學習所需的時間、場地及資源：例如能規劃足夠進行探究的時間；能提供學生支持探究的環境、器材；能引入校外的其他資源。

標準五、科學教師能為學生建立社群以進行科學的學習：社群裡能包容呈現各種不同的想法；能讓學生對自己的學習負責；能培養學生之間的合作經驗；透過同儕影響建立正確的科學探究的技巧與態度。

標準六、科學教師能建立學校層級的科學學程：例如能規劃學校的科學學程以最大化教學資源；能規劃使自己與同事在探究教學上的專業成長。

六項科學標準指引科學教師實施探究教學的各種條件，從自身的教學規劃到與學生的科學學習上的互動，再到更大範圍地將其他教學夥伴也納入成立校級的科學學程以最大化教學資源。除此之外，NRC(2000)也指出一個進行探究的教室該有的五項特徵：(1)學習者能提出科學導向的問題；(2)學習者學會判別用以回答問題的證據；(3)學習者能從證據中形成解釋；(4)學習者能建立科學知識與解釋之間的連結；(5)學習者能傳達及辯證所提出的解釋。而依據此五項特徵可依據學生自主性與教師引導的程度區分為不同的層次，如表 3 所示。

表 3 課室內科學探究的特徵與差異

基本的特徵	差異
-------	----

1. 學習者能提出科學導向的問題	學習者提出問題	學習者在許多問題中挑選問題，提出新的問題	學習者修改(sharpens)或澄清由老師、教材或是其他來源所提供的問題	學習者從事由老師、教材或是其他資料所提供的問題
2. 學習者學會判別用以回答問題的證據	由學習者自己決定蒐集證據的方法並蒐集	學習者被引導蒐集特定的證據	學習者被給予資料並被要求分析	學習者被給予資料並被告訴如何分析
3. 學習者能從證據中形成解釋	學習者在歸納證據後形成解釋	學習者被引導從證據中形成解釋	學習者被給予許多可能的方法來使用證據形成解釋	學習者被提供證據
4. 學習者能建立科學知識與解釋之間的連結	學習者能檢驗其他資源並且與自己的解釋形成連結	學習者被引導進入科學知識的領域和來源	學習者被給予可能的連結	
5. 學習者能傳達及辯證所提出的解釋	學習者形成合理的、合邏輯的論證以傳達解釋	學習者被指導發展傳達	學習者被提供概括的指導方針以形成傳達	學習者被給予傳達的步驟
多————學習者自我引導的量————少 少————來自教師或是教材引導的量————多				

(NRC, 2000, 引自高慧蓮, 2018)

NRC(2000)所描述探究特徵變形，將其中角色拉出能符合 Llewellyn(2013)對學習者與教學者角色的分析：學習者依自我引導的程度多寡可將學生分為研究者(researcher)、問題解決者(problem solver)、方向遵循者(direction follower)及觀察者(observer)；而教學者則依引導多寡可分為顧問(mentor)、引導者(facilitator)、教練(coach)、協助者(motivator)。而其中探究的型態也可分作四種類型：開放式探

究(open inquiry)、引導式探究(guided inquiry)、結構式探究(structured inquiry)、食譜式實驗(confirmation) (Tafoya, Sunal & Knecht, 1980)。

(二)探究教學的策略

Etheredge 與 Rudnitsky (2003)指出教師在發展探究教學的單元時可以遵循的七個步驟，包含(1)考慮學生的背景；(2)描述系統中的變項；(3)於起始階段創造一個沉浸式的體驗；(4)產出一個可研究的問題；(5)執行該研究；(6)設計一連串的任务；(7)評量學生的理解。而 White 與 Schwarz(1998)則從學生的角度提供探究環(inquiry cycle)展示探究所經歷的五個過程：(1)提出問題；(2)建立假設；(3)設計實驗並執行；(4)建立模型；(5)結果的評估。

Trowbridge 與 Bybee(1990)基於建構主義的觀點提供 5E 學習環(5E learning cycle)的框架，亦可作為探究的一種教學策略，五個步驟包括：(1)投入(Engage)；(2)探索(Explore)；(3)解釋(Explain)；(4)精緻化(Elaborate)；(5)評鑑(Evaluate)。而生物科學課程研究(Biological Science Curriculum Study, BSCS)中則進一步論述學生及教師兩角色的行為於此模型中，如表 4 所示。

表 4 教師與學生在 5E 學習環的行為

5E 學習環的步驟	學生於 5E 學習環的行為	教師於 5E 學習環的行為
投入	發問，例如「為什麼會發生？」、「我對這個已經知道什麼？」；對探究的主題表現出興趣	引起學生的興趣與好奇；提問；藉著回應學生激發他們對概念的思考與理解
探索	在探究的活動中主動隨意的思考；測試自己的預測或假設；形成新的預測或假設；不斷嘗試新的方法以及與他人討論；紀錄活動中的觀察及想法；不會太快下定論	鼓勵學生一起嘗試而非直接給予指導；觀察且聆聽學生在活動中的互動；需要時提出進一步的問題(probing questions)引導學生的探究；給予足夠的時間供學生與問題相處；扮演顧問的角色

解釋	向別人提出可能的解釋；仔細聆聽他人的解釋；針對彼此的解釋互相提問；與教師所提供的解釋進行比較；以觀察所記錄的資料進行解釋	鼓勵學生以自己的語言進行解釋；要求學生為自己的證據辯護；正式的提供定義與解釋；依學生的先備知識進行概念的解釋
精緻化	在另一個相似的情境中應用定義與解釋；使用先前的資訊發問、提出解方或設計實驗；從證據中導出合理的結論；紀錄觀察與解釋；核對其他人的理解；依據觀察、證據及先前可接受的解釋提出開放式問題	預期學生能使用先前所提供的正式定義與解釋於新情境中；鼓勵學生在新情境中應用或擴展他們的概念或技能；提醒學生不斷嘗試其他的可能解釋；將學生導引至已蒐集的資料及證據並問「你已經知道什麼了？」、「為什麼你認為...？」
評鑑	展現自己的理解，包含知識的概念與技能；評價自己在過程的進步和收穫；能再發問相關的其他問題以供更進一步的探究	當學生應用新概念或技巧時觀察他們的表現；評量學生的知識或技能；尋找學生已經改變行為或思考的證據；允許學生對自己的學習及團隊合作進行自評；提出開放式的問題激起學生更進一步的探究

(資料引自 BSCS, 2011)

Krajcik 與 Blumenfeld(2006)建議以專案導向(project-based)的形式進行科學探究的學習，並透過與學生切身相關且有意義的問題驅動學習的過程，其中的關鍵為驅動性問題(driving question)的使用(Krajcik & Mamlok-Naaman, 2006)。驅動性問題需要經過縝密的設計，不只對學生是重要且有意義，也能引發後續更多的學習活動，其包含六個特徵：(1)可行性(feasibility)；(2)價值性(worth)；(3)脈絡情境(contextualization)；(4)意義(meaning)；(5)倫理道德(ethical)；(6)永續性(sustainability)。將各項特徵的內涵整理於表 5 所示。

表 5 驅動性問題(driving question)的特徵

特徵	描述
----	----

可行性	- 學生可以設計並發展自己的實驗來回答此問題； - 發展實驗的材料是方便取得的； - 該問題與學生發展的程度是適切的； - 該問題可以延伸出更多子問題
價值性	- 該問題與科學家探究的問題相似； - 該問題富含科學的概念； - 該問題幫助連結科學的概念； - 該問題符合課綱的標準
脈絡情境	- 該問題觸及了真實世界的議題； - 該問題在真實世界中確實導致了某種結果
意義	- 該問題對於學生而言是有趣且重要的； - 該問題與學生的真實生命經驗有交會，包含生活或文化； - 該問題所觸及的現象能引起學生的興趣
倫理道德	對問題進行探究的過程中不會傷及無辜的生物或環境
永續性	- 該問題使學生願意投入更多時間於其中 - 能使學生在探索問題時獲得更多深入的細節

(資料引自 Krajcik & Czerniak, 2007)

透過驅動性問題，使學生能開啟科學探究的過程，也能與科學中重要的概念進行連結，且由於對學生自身是相關且重要的，便能持續的投入於過程也獲得更多深入的學習。

除了透過問題驅動探究的進行，在探究的過程中由於需要透過證據的呈現或資料的支持進行科學地辯證，教師也能適時透過引介如探究語彙表(inquiry vocabulary)的使用(Etheredge & Rudnitsky, 2003)或口語上的組塊(verbal prompts)幫助還不熟悉科學語言的學生建立鷹架(Llewellyn, 2013)。探究語彙表的內涵例如：可改變的(changeable)、穩定的(stable)、量測(measure)、結論(conclusion)、觀

察(observation)、成果(outcome)、預測(predictions)、假說(hypotheses)、控制(control)、改變(vary)、可研究的問題(researchable question)、依變項(dependent variable)、自變項(independent variable)、因素(factor)、系統(system)、實驗(experiment)、測試(trial)、操作(manipulate)等等，幫助學生熟悉使用較精確的科學語言，而口語上的組塊則可用於探究中的不同階段，作為教師提問的起手式，也能幫助學生科學地思考，整理於表 6。

表 6 口語上的組塊(verbal prompts)示例

探究的階段	口語上的組塊
發現問題	• 你能從觀察中作出什麼假設？ - 你的預測是基於什麼樣的理由？ - 為什麼你會這麼認為？
規畫與研究	• 為了支持你的想法或假說，你會蒐集什麼樣的證據？ - 這個證據是支持還是駁斥了你的主張？ - 你所蒐集的證據有偏誤嗎？是可以信賴的嗎？
論證與建模	• 你會如何詮釋所蒐集的資料及證據？ - 自變項與依變項之間的關係是什麼？ - 這些資料表達或暗示了什麼？ - 你能從證據中作出什麼結論？ - 你能從所蒐集的證據提出什麼解釋？
表達與分享	• 實驗的結果如何支持你原本所知道的？ - 你能建立一個模型去支撐你的解釋？ - 依最後的結果看來，你原本的假說可以成立嗎？ - 你如何辨證你的發現？

(整理自 Llewellyn, 2013)

三、探究與實作的相關研究

(一)探究與實作的實施現況

目前國內對於探究與實作的研究多集中於探討課程設計或教學實施成效的面向上。陳世文(2019)為了探討目前的教育現場推動自然科學探究與實作的成效，隨機抽取全國 100 所公私立普通高中進行問卷調查。在課程設計上，由於考量到進行跨科探究需有科學學科知識背景為基礎，故有 90%的學校將課程規畫於高二上下學期實施，僅 8%規劃於高一上下學期，如彰化女中與北一女中規劃高二學生於上下學期進行選修(李政憲、張國志、馬群樺、吳仲卿，2017；簡麗賢，2020)，建國中學則將探究與實作規劃於高一期間進行(趙君傑，2020)。跨科的課程設計上，則有 80%的學校採涵蓋「物理、化學、生物、地科」的主題，且其中以物理及化學居多，包含如「能量形態與轉換」、「物質結構與功能」、「力與運動」等跨科主題，如大同高中設計地科、化學與物理跨科的課程，並以氣溫、氣壓、濕度為核心概念發展「天氣瓶」、「人工造雲」、「喝水鳥」的課程模組(張堯婷、陳宏銘、吳致娟、楊明仁，2017)；北一女中則以「能量」為探究主軸發展兩種課程，分別以物理跨地科的形式探究「自然界及宇宙的能量」的主題，以生物跨化學的形式發展「生物界的能量從何而來」的課程(簡麗賢，2020)而將課程融入其他的教育議題則以「環境教育」及「科技教育」為主，如北港高中採 ADDIE 模式(analysis, design, development, implementation, evaluation)設計課程，發展「能源與永續問題的探究」課程模組(張仁壽，2015)。而在教材研發上有 70%本於各校特色及師資專長，採取自行發展探究與實作的課程教材，如夏日新與林佰鴻(2020)以學校鄰近的機場與港灣開發課程，並建議採用以終為始(begin with the end in mind)的原則設計課程；建國中學以手機與 app(Phyphox、科學日誌)做為檢測及紀錄工具，探討奈米硫粒實驗反應速率的測定(劉燕孝、廖家榮，2018)。而逢甲大學則提供結合科學博物館的資源，根據情境學習理論(situated learning)，發展以「物理劇場」的形式所進行的逢甲摩課師的物理教材，供高中學生進行學習(洪耀正、李英德、羅道正，2018)。另外的 30%則以坊間相關教科書的部分或全部作為教材，顯示多數教師仍傾向自行發展教材而非仰賴教科書。

(二)探究與實作的實施挑戰

教學場域實施探究與實作的過程中也存在許多問題與困境，包含行政方面如何配合、學生實際運作的問題或教師實施教學的過程等不同面向。行政方面如簡麗賢(2020)提及送審教育部的探究與實作計畫因具有時效性是顯明的憂慮，而師資如何調整、課程如何安排、資源是否充裕也都是課程實施面對的憂慮。學生實際運作方面則如，張君傑(2020)在實施探究與實作課程中發現，高中學生的實作技能待加強，且由於學生過去階段的學習中採用舊課綱的的設計理念，故探究過程的引導花費比預期更長的時間。陳家騏與古建國(2017)也有類似的結論，在以摩擦力作為主題的課程中，發現學生的探究過程中，僅能簡述專有名詞而難以用於論述之中，且也觀察到部分的學生創意發想能力不足，雖能表現出好奇心，但求知慾卻不高，影響學生的投入。李政憲等人(2017)則發現學生於過程中所產生的挫折感，如學生為少數學分的探究與實作課程卻需投入大量心力的失衡比例而感到不耐煩，甚至探究過程中也時常沒有成果，不敢跟老師討論之下而埋首苦幹，導致最後失去熱誠。

除了行政與學生方面的挑戰外，作為實施探究與實作的核心角色，教師實施教學方面也存在許多議題。謝甫宜(2019)提及由食譜式實驗過度至探究與實作的困境，教師過去仰賴出版社撰寫的實驗教科書，不僅教材、儀器一應俱全，連實驗步驟及解答也都妥善準備，然而探究與實作卻難有可遵循的教學方式。趙君傑(2020)建議教師的角色應由「主導」轉而成為「引導」，且在課程設計上善用「減法」的概念，讓探究與實作鬆一點、器材與耗材簡單一點、場地需求低一點，課程才有機會走得長久。除了教學面向上，也有學習成果該如何評量的議題(簡麗賢，2020；趙君傑 2020)，如基於證據概念(concept of evidence)為「實作背後的思考」(the thinking behind the doing)(Gott & Robert, 2008)，陳美智與吳裕益(2020)

則建議可以證據概念作為探究課程中評量學生學習表現的依據；而科學寫作或論證評分表也可作為探究課程評量的方式(張珮珊、賴吉永、溫微純，2018)。

四、小結

探究與實作的內涵多元而豐富，同時也有許多學者提出不同的教學策略，然而目前探究與實作的相關實證研究中，多聚焦於課程設計或實施成效上，似乎已經預設現職教師對於探究已有完整且成熟的觀點。研究者身在修習教育學程的過程，以此觀之亦發現目前學術上未見與職前教師相關的探究與實作實證研究，結合前一節結論中所提及伴隨新課程的實施來自現場龐大的需求能量，師資生作為教師的源頭，不僅是教育系統中與在職教師同等重要的角色，對於探究與實作勢必也存在其需求，有進一步探討之價值。因此下一節將焦點轉移至師資培育機構中，師資生如何因應與培育探究與實作的知能，及其可能面對的挑戰或困難。

第三節 探究與實作的師資培育及挑戰

在過往的每次教育改革浪潮中，課程的革新總是會引起不同的挑戰，而教師往往又是新課程實施成敗關鍵的角色，正與歐用生(1995)指出課程的改革「教師做與不做，如何做，才是重要因素」呼應，故教師經常成為課程改革時的研究焦點。如臺灣歷經九年一貫的課綱改革時，何俊青(2004)採取 Klein 與 Goodlad(1978)區分課程五種層次的觀點，探討教師「知覺課程」(perceived curriculum)與「理想課程(ideal curriculum)」或「正式課程」(formal curriculum)的差異情形。靳知勤(2005)關注未來的師資是否有足夠的科學素養，拋出「究竟我們的教師們準備好了沒？」的議題，將焦點更聚焦至職前教師的角色，而張仁壽(2014)則指出，針對新課綱的探究與實作，如何轉換教法是教師未來在職進修或師資培育的重要配套。另一方面，成虹飛與黃志順(1999)的研究則指出，教師成長應被優先重視，

將課程改革視作教師成長的延伸，而非將課程改革的成功當成目的，再把教師當成執行的手段。因此，「怎麼讓教師成長」則成為更基本且重要的議題。綜上，本節從關注實施 108 新課綱將面對的挑戰出發，同時聚焦於幾所師資培育機構如何回應探究與實作的課程，再探討師資生於探究與實作所面臨的挑戰。

一、實施新課綱的挑戰

(一)國外實施新課綱的挑戰

OECD 2030 雖然為未來的教育勾勒美好的藍圖，但同時也明確指出在課程轉型的過程中將會面臨的五個挑戰課題(OECD, 2018)：

- (1)將焦點從「增加學習的時間」轉變為「提升有品質的學習時間」(curriculum overload)。
- (2) 縮短今日課程和未來需求的差距(managing time lag between future demands and today's curriculum)。
- (3) 製作高品質的教材，讓學生融入學習並獲得深度的認知(quality of contents)。
- (4) 課程創新必須促進學習均權(ensuring equity)。
- (5) 詳實的規劃以利改革的有效執行(planning for effective implementation)。

而 NGSS 實施中，Friedrichsen 與 Barnett(2018)則研究一個生物科的教師專業社群，記錄他們如何在社群內引入新課綱的內容並轉化成自己學科教學的過程，其中發現社群的成員普遍在設計新課程時會忽略跨科概念(crosscutting concepts)的融入，同時也較難看到工程方面的實作(engineering practices)，另外則是由於課程時間的限制，社群的教師也在課程內容與實作之間進行拉扯(tension)。Fulmer, Tanas 與 Weiss(2017)則指出在引進 NGSS 時，普遍遇到的四個挑戰：(1)有沒有任何標準可以檢視自己的教學是否符合 NGSS；(2)如何判斷或定義課程是與 NGSS 符合；(3)NGSS 之中最關注的核心是什麼；(4) 學習進度以及與之相關的對齊(alignment)對於詮釋 NGSS 扮演什麼角色。Kawasaki 與 Sandoval(2019)則具體指

出在 NGSS 的實施中，會遇到科學的問題意識感(problematizing science)、學生權威(student authority)、重要性(accountability)及資源(resources)等挑戰。

(二)臺灣實施新課綱的挑戰

教師在面對新課綱會有不同的反應，王為國(2019)指出透過對實施 108 新課綱的釋義(sensemaking)，教師面對改革會有積極、觀望、焦慮與抗拒等類型。而邱婕歆與吳連賞(2017)則取徑 Fairclough 的批判論述分析，關照教師角色於總綱中的定位及對教師角色的期待。

相對於前述的在職教師立場，不同群體如職前教師在面對新課綱時也因各自立場差異而存在其議題，在師資培育的現場端也應該有積極的應對策略。隨著 108 新課綱重視素養導向的教學，吳清山(2018)指出師資教育也應該採取以素養導向式的師資課程進行規劃，而臺灣大學的師培端更已經開始思考教育學程各學科之間的整合工程(符碧真，2018)，例如以教學原理、課程發展與設計、教學評量，實為教學實務中一個連續的進程，但在目前的師資培育端裡卻被分科設置，預示了師資生的學習將會破碎而不連貫。此舉與現場端的需求明顯衝突，故藉著新課綱革新之際，師資培育端的課程再造也是非常重要，正如郭重吉(2007)所呼籲，師資培育機構所使用的教學方法，應該要和教師們以後在教學上將要使用的相符。當教育現場不斷疾呼素養導向的教學，而教師培育的源頭卻依然以傳統式的講述或斷裂的課程觀培育師資生，則可想見未來教師該如何回應教育現場的真實需求是為一大隱憂。是故次小節將聚焦於師資培育機構中，探討師資培育將如何回應新課綱中的探究與實作，以培養師資生的專業知能。

二、師資培育機構因應探究與實作所開的課程

師資培育的大學機構為了回應新課綱及現場實務的需求，在教育學程的課程規劃也有所調整。彰化師範大學自 108 學年度起，教育專業選修科目新增 2 學分

的科學探究與實作(彰化師範大學，2019b)。該課由三名授課教師合授，分別來自物理、化學及生物的學術背景，而在教學目標中也明確的設定「藉由實作課程相互討論，將可培養學員之探究與實作的基本能力，在未來之教育現場發揮所學。」之目標。其中的特別規劃之處則是將探究與實作的融合 STEAM (Science, Technology, Engineering, Art & Mathematics)，並將時下正流行的「自造者精神」(Maker)強調問題解決的能力結合其中。而其精神則具體反映在規劃的教學大綱中，除了引介探究與實作的概念外，其他包含像學習各種基本動手作之能力，如 3D 列印機及雷射雕刻機的使用、動畫設計程式及智能車的調控、透過 Arduino 結合生活物聯網進行概念實作的教學設計；課程也包含透過分析清潔劑成分及有害昆蟲防治的模組開發，讓師資生可以在觀察、紀錄、分析、討論的過程中學習知識及探究與實作的內涵。

高雄師範大學也自 108 學年度起於教育實踐課程中新規劃 2 學分選修的探究與實作(高雄師範大學，2019)，相較於彰師大之規劃，不同之處在於探究與實作之課程與教材教法及教學實習科目相同，皆以分科/分領域的型式回歸到各自科系供師資生學習。惟其雖然有課程的規劃，但研究者未能在其 108 學年度的選課清單中尋獲該課程，故未能對其具體的教學目標及課程規劃作評述，聊表遺憾。

研究者所就讀之臺灣師範大學自 105 學年度起即開設探究與實作的內容，惟其規劃以教育議題專題之名稱包裝探究與實作的課程。授課教師來自物理、化學、生物、地科，且包含 4 小時之實地學習時數，內容包含課綱中的探究與實作之涵義解讀、教學影帶分析、實驗室體驗及參觀、探究活動的發想設計及演示，以及師資生的微試教。而由於其以教育議題專題之名稱開設，故只要擁有師資生的身分皆可修習並不局限於單一科系學生或理學院學生。108 學年度後因應新課綱之實施，探究與實作的規畫則由原本屬於教育專業科目轉換為教育專門科目，回到各自的學系開授，並從原先的選修二學分成為必修四至五學分，定位為分科的領

域核心課程。以下簡要分述臺師大理學院中物理學系、化學系、生命科學系及地球科學系於探究與實作課程之規畫。

(一)物理學系的探究與實作規劃

物理學系開設必修五學分的探究與實作，對應兩門課分別是「物理研究之批判性思考與辯論簡介」(三學分)、「自然科學領域探究與實作」(二學分)。「物理研究之批判性思考與簡介」課程結合國際物理辯論賽的精神，讓修課同學搭配系上的物理辯論賽活動，練習問題探討、實驗設計與演示、口頭表達、交叉討論、團隊合作競賽及科學論文撰寫，進而培養物理研究和解決問題所需的能力。而「自然科學領域探究與實作」課程的目標則專注於培養學生的自然科學探究與實作的知能。內容則包含引介自然領域的核心素養、科學的課程過程技能課程發展示例、科學史和探究與實作、跨課的問題解決策略，以及探究與實作的設計發展到評量等等，最後則會有探究與實作的專題發表(臺灣師範大學，2019a)。

(二)化學系的探究與實作規劃

化學系開設的必修探究與實作共四學分，對應的兩門課程分別是「科學實例操作」(二學分)及「科學文獻探討」(二學分)。「科學實例操作」採取較為實務的走向，規劃上將此門課與其他系上教授的專題實驗室結合，讓修課同學到各自有興趣的實驗室參與專題，並於其中紀錄學習歷程，在於期末回到課堂上繳交專題報告，並與其他師資生進行分享。「科學文獻探討」則強調透過專業文獻的閱讀及口頭報告，訓練學生對當代科學前沿的研究與發展能有一定的理解(臺灣師範大學，2019b)。

(三)生命科學系的探究與實作規劃

生命科學系開設必修四學分的探究與實作，包含「生物探究與實作」(二學分)及「自然科學探究與實作課程設計」(二學分)。在「生物探究與實作」的課程

中，從說明自然科到生物科的探究與實作原理與特性，並介紹自然科學及國際生物競賽的內容，此外也包含植物學及動物學的實驗教學演示、科展與獨立研究指導及實驗競賽的試題分析，除此之外該課程後半段亦包含探究與實作的規劃與實作部分，並於最後階段提供師資生進行成果發表。「自然科學探究與實作課程設計」於 108 學年度則尚未開設，故無法作其他評述(臺灣師範大學，2019c)。

(四)地球科學系的探究與實作規劃

地球科學系的規劃則包含必修的「自然科學探究與實作」兩學分，及其他地球科學專業相關的學科三學分(包含地球科學系統實地研究、地球系統與行星比較科學、大氣觀測(含實習)、天文觀測(含實習)、觀測地震帶、野外地質學(含實習)、新興海洋科學發展趨勢)。由於 108 學年度地科系尚未開設「自然科學探究與實作」課程，故無法作其他評述(臺灣師範大學，2019d)。

綜合以上，臺師大理學院各系因應現場的實務需求所開設的探究與實作各有其特色，而且相對於前一時期開設於教育議題中的探究與實作，此階段的課程較有系所專業的色彩，且均予以不同的方式訓練師資生對於探究與實作的知能及實務能力。然而儘管受過完整的師資培育過程，師資生的學習成效如何，通過修習該課程是否足以證明未來於教學現場是具有專業能力的教師，此方面則缺乏相關的實證研究得到闡釋與驗證。是故次小節將從師資生的觀點，探討探究與實作中可能面對的挑戰。

三、師資生觀點的探究與實作挑戰

(一)職前教師的慣性

師資生在進入師資培育的階段並非如一張白紙，而是會受到過去的經驗所形塑，甚至此因素的影響更甚於正式的師資培育訓練(Knowles, 1992)。且師資生過去至少歷經十二年的學習歷程，超過兩萬小時以上的上課經驗已堪稱「專家學生」

(汪履維，1995)，而如同 Lortie(1975)所言，這種透過「旁觀習藝」(apprenticeship of observation)所得到的受教經驗，具有不成熟且膚淺的專業意象，可能於教學專業的發展中成為有形或無形的限制(陳美玉，1999)。故如何規劃適當的師資培育課程，以短時間的專業訓練取代過去經驗所逐漸形成的教育觀點及態度，對於師資生於探究與實作的知能培養中，是為一項重要的挑戰。

(二)探究教學的困難與迷思 探究式教學的實施對教師並非如此容易，而其中的難處常見包括時間因素、教師個人的因素、學生的因素、教科書或教室行政方面的管理等問題(洪振方，2003；Costenson & Lawson, 1986；Llewellyn, 2013)。表 7 整理有經驗的科學教師不使用探究式教學法的常見理由。

表 7 不使用探究式教學法的十項常見理由

Costenson & Lawson, 1986	Llewellyn, 2013
1.致力於發展良好的探究單元需花費許時間。	1.面對期末考試沒有足夠的時間進行探究。
2.教學進度太慢，會跟不上學區規定的課程要求。	2.實施探究教學可能失去教室的主導權。
3.學生可能無法閱讀探究取向的書籍。	3.沒辦法提供足夠的設備或支援以支援探究式教學。
4.不確定如何使用探究式教學後每一單元的學習結果。	4.在食譜式的教學中，能讓學生按部就班的進行學習，簡單又不複雜，對教師也輕鬆。
5.一般教室可能較少見高階思考者適合探究式的學習環境。	5.學生已經習慣講授式的課程，而且他們也學得很好。
6.學生的不成熟將使他們花費過多的時間，而無法充分學習。	6.學生遵循既定的實驗流程是必須且重要的。

7.教師 15 年的長久教學習慣很難改變。

7.教師已歷經 20 年的教學，講授式課程對自己已經非常嫻熟，而學生的學習狀況也穩定。

8.探究取向的教科書有過多的實驗及教材，讓教師無法略過任何一個。

8.班上學生的背景知識及經驗不足以使他們進行探究學習。

9.當教師無法掌控課室中正在進行什麼時，會覺得不舒服而學生也覺得很不舒適。

9.目前的教科書內容並不特別強調探究。

10.實驗室設備不適合進行探究，且也沒有足夠經費購買所需要的材料。

10.聽聞過探究式教學，但不確定到底是什麼。

(整理自洪振方，2003；Costenson & Lawson, 1986；Llewellyn, 2013)

從上表顯現出一個趨勢，不實施探究式教學的核心理由，是因為教師普遍認為時間的花費過多，不論是備課所需花用的時間或課堂進行教學的時間。其次是學生學習的樣態積習已久、教師的教學慣性難以脫離舒適圈，以及無法掌控教室的經營所引發的不適感，最後是包括設備資源或者教科書的支援及使用。

然而前述的理由並不宜直接簡化為教師的不積極或專業不足，很有可能部分原因來自於對於探究的誤解或迷思，NRC(2000)則提出五項探究式教學及學習常見的迷思，包含：(1)認為所有的單元都需要以探究的方式進行教學；(2)真正的探究是只有當學生能自行提出問題及探尋答案；(3)以動手做的材料或教具引導的教學即是探究式教學；(4)學生能進行動手實作即是探究式的學習；(5)探究與學科知識可以分別獨立教學。這些迷思反映出教師對於探究的不成熟觀點，自然也會成為職前教師在學習探究與實作的可能遇到的潛在困難。對於這些迷思，NRC(2000)也接續一一破除：(1)進行科學教學時有許多種方法，並不見對所有單元都一體適用，針對各單元尋求適合的教學方法才是有效率，且學生也較不易產生無聊；(2)針對不同的目標宜選用不同的方法，如果是為了幫助發展學生的提問能力，確實需要給予學生練習，然而如果僅是為了學習科學內容，問題由誰提出

並非最重要的；(3)、(4)：動手做(hands-on)的教學或學習均不能保證其為探究，更重要的是需有心智的運作(minds-on)；(5)科學方法及過程技能不宜被獨立教學，而是應該將科學內容視作方法以培養學生的探究能力。

四、小結

伴隨課程的改革，新課綱的實施必會帶來許多挑戰，其中教師是否具備新課程所需要的教學知能，便是職前教師階段中，師資培育所該重視的關鍵議題。故本研究之目的在於探討師資生對於探究與實作的準備程度，欲從修習過探究與實作課程的師資生觀點，建構其對新課程探究與實作的圖像，並試圖從中挖掘師資生對於探究與實作的專業需求。





第參章 研究方法

本研究之目的為探討師資生對探究與實作之專業需求，欲從其立場及觀點進行詮釋，建構出師資生對探究與實作之圖像，再由詮釋中分析其對探究與實作之專業需求。故為了回應研究目的與待答問題，本研究之設計採混合研究法(Creswell & Plano Clark, 2007)，結合質性及量化的優點，以期求得更貼近真實的結果。先以質量合併的混合研究進行第一階段的研究，依據初步分析的結果再進入第二階段的研究流程。本章共分四節，第一節介紹研究設計與流程，描述整體的研究設計及架構；第二節介紹研究參與者，包含第一階段中量化研究的參與者及質性的訪談者，以及之後第二階段接受晤談的研究參與者；第三節介紹研究工具，包含量化問卷的開發修改過程及質性晤談的工具設計；第四節介紹資料蒐集與分析及研究信實度，包含蒐集的質性及量化的資料，以及這些資料如何回應研究問題。

第一節 研究設計與流程

本研究從師資生對探究與實作的準備程度之研究目的出發，分析師資生的詮釋，再探討其對探究與實作的專業需求。研究設計採混合研究(Creswell & Plano Clark, 2007)，Creswell 將混合研究分作三種不同的形式，其中第一種為以質性及量化資料皆佔相等權重的三角設計(Triangulation design)，該設計以兩種資料來源共同對研究結果進行闡述；第二種為在研究中同時蒐集質性量化資料，兩種資料來源可有不同比例的權重分配，以其中一種資料為主另一資料為輔的研究設計形式鑲嵌設計(Embedded design)；第三種解釋性設計(Explanatory design)也可蒐集兩種不同權重的質性及量化資料來源，惟與鑲嵌設計之不同處為其中一種資料來源蒐集完後並立即啟動分析，再依據其分析結果進入下個階段的研究流程。

本研究分成兩階段進行，在第一階段採取第三種混合研究解釋性設計 (Explanatory design) 的方式進行，第二階段正式施測則採完全質性取向的研究設計。在第一階段中先進行以網路問卷的形式對大學三年級以上的理學院師資生進行施測，對所蒐集的資料進行分析後，再從其中挑選四位不同科系有修探究與實作的師資生進行訪談，蒐集質性的資料並以此建構出符合研究目的之分析框架的編碼表。第二階段再挑選另外九位師資生進行深度訪談，於後續分析時採用第一階段產出的編碼表並綜合共十三位的師資生晤談進行資料分析，研究設計如圖 6。

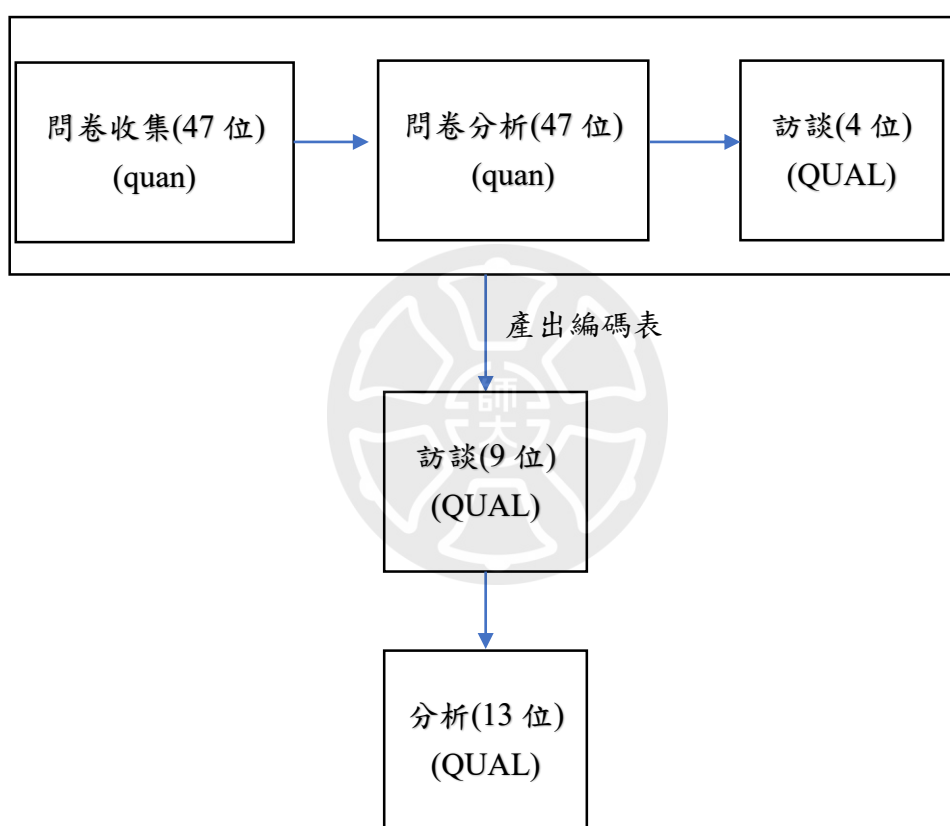


圖 6 研究設計

圖中的 quan 為小寫，代表其為量化資料，並且屬次要的資料來源；相對於 QUAL 為大寫，代表其為質性資料，並且屬於主要的資料來源。研究者透過混合研究進行二階段的研究設計，期望能以質性為主，量化為輔的資料蒐集進行分析，以回應本研究之待答問題。

第二節 研究參與者

第一階段的網路問卷總共蒐集了 47 位大三以上的師資生，其中有 31 位男性(65.9%)及 16 位女性(34%)，科系分布上以物理系為最多，物理系有 26 位(55.3%)、化學系 11 位(23.4%)，生命科學系 5 位(10.6%)、地球科學系 3 位(6.4%)，以及 2 位(4.3%)屬其它；系級分佈上以大四生佔最多，大四生有 20 位(42.6%)、大三生有 14 位(29.8%)、其它(含延畢生)有 8 位(17%)，及 5 位碩博(10.6%)。

第一階段的質性訪談從前面的問卷施測者中挑選 4 位，採立意取樣(purposive sampling)。顧及科系及性別，四位皆來自不同科系且有平均的性別分佈，同時四位師資生皆已修畢教育議題與專題—探究與實作的課程，故能推論其對於探究與實作具備一定知能，且能回應研究者所關注的研究問題。

第二階段與九位修過探究與實作的師資生進行深度訪談，同樣考慮科系及性別的平均分佈，以期能減少由於科系或性別所可能帶來的偏誤。以上共十三位的訪談對象之背景與訪談時間，如表 8 所示。

表 8 研究參與者背景資料

受訪者代號	性別	科系	訪談時間	教育學程修課背景
GS1	女	地球科學系大四	2019.10.31	教育議題專題(探究與實作)、教學媒體、輔導原理、教育行政、課程發展與設計、教育社會學、教育心理學、生涯規劃、班級經營、學習評量、地球科學教學實習(一)、地球科學教材教法
C1	女	化學系大四	2019.11.01	教育議題專題(探究與實作)、教育概論、教育社會、教學原理、教學媒體、班級經營、教育行政、特教導論、化學教材教法、化學教學實習(一)、輔導原理與實務、學習評量、課程發展與設計

C2	女	化學系大四	2019.12.02	教育議題專題(探究與實作)、教育概論、教育哲學、教育社會學、班級經營、學習評量、輔導原理與實務、教學媒體與應用、化學系教材教法、化學系教學實習(一)、教育史、教育行政、特殊教育導論、特殊教育學生評量、特殊教育教學實習(一)(二)、資優教育概論、資賦優異學生教材教法(一)(二)、資優學生心理輔導與情意教育、創造力教育、資優教育專題研究、資優學生親職教育、高層思考訓練、數學資優教育、藝術資優教育
C3	男	化學系大四	2019.12.09	教育議題專題(探究與實作)、課程發展與設計、學習評量、教學媒體與運用、班級經營、輔導原理與實務、特殊教育導論、教育哲學、教育概論、教學原理、化學教材教法、化學教學實習(一)
C4	女	化學系大四	2019.12.11	教育專題議題(探究與實作)、教育心理學、教育哲學、教育社會學、班級經營、輔導原理與實務、教育行政、資訊教育、特殊教育導論、學習評量、課程發展與設計、教學媒體與運用、職業教育與訓練、化學教材教法、化學教學實習(一)
B1	男	生物系大四	2019.11.02	教育議題專題(探究與實作)、教育心理學、教育社會學、輔導原理與實務、教育行政、學習評量、課程發展與設計、教學媒體與應用、生物教材教法、生物教學實習(一)
B2	男	生物系大四	2019.11.27	教育議題專題(探究與實作)、教育概論、教學原理、教育心理學、教育哲學、教育行政、輔導原理與實務、認知心理學、特殊教育導論、學習評量、生物教材教法、生物教學實習(一)

B3	男	生物系大四	2019.12.18	教育議題專題(探究與實作)、教育心理學、教育哲學、教育社會學、教學原理、班級經營、學習評量、輔導原理與實務、課程發展與設計、教學媒體與應用、生物教材教法、生物教學實習(一)、青少年心理學、特殊教育導論、資優教育概論
B4	男	生物系大四	2019.12.20	教育議題專題(探究與實作)、教育概論、教育社會學、教育心理學、教學媒體、輔導原理、班級經營、學習評量、教學原理、課程發展與設計、生物教材教法、生物教學實習(一)
P1	男	物理系大四	2019.11.08	教育議題專題(探究與實作)、輔導原理與實務、教育概論、教育社會學、班級經營、教學原理、教學媒體與應用、教育哲學、學習評量、物理教材教法、物理教學實習(一)、教育心理學
P2	女	物理系大四	2019.11.28	教育議題專題(探究與實作)、班級經營、學習評量、教育史、教育心理學、教育社會學、輔導原理與實務、課程設計、教學媒體、物理教材教法、物理教學實習(一)
P3	女	物理系大四	2019.12.06	教育議題專題(探究與實作)、教育哲學、教學原理、教育社會學、學習評量、輔導原理與實務、特殊教育導論
P4	男	物理系大三	2019.12.23	教育議題專題(探究與實作)、教育哲學、教學原理、特殊教育導論、資優教育概論、學習評量、職業教育與訓練、生涯規劃、資賦優異學生教材教法、特殊教育學生評量、創造力教育、資優教育專題研究、高層思考訓練、科學資優教育、個別化教育計畫的理念與實施、物理教材教法

第三節 研究工具

本研究的研究工具包含：網路問卷、晤談訪綱以及研究者自身。以下分作三部份介紹。

(一)網路問卷之設計

本研究的完整問卷如附錄一。問卷共有 15 題，修改自自然領域教學研究中心所發展的〈自然領域職前教師專業標準、專業表現指標和檢核機制〉(許瑛珪、林如章、張永達、傅祖怡，2015)，該檢核表經德慧法(Delphi technique)及專家諮詢會議發展而成，已具有專家效度。本研究選取該檢核表其中涵蓋探究與實作相關的三個構面，包含「具備以實驗教學引導學生學習科學方法及知識的能力」、「具備引導學生認識科學的態度與本質」、「具備指導學生完成探究與實作活動與科學專題研究能力」，作為本研究第一階段所使用來蒐集量化資料的研究工具。

問卷第一部分為 15 題的情意量表，選項採用李克特氏的五點量表，分別是「非常符合」、「有點符合」、「普通」、「有點不符合」、「非常不符合」。第二部分為個人資料，包含性別、科系、系級及在師資培育階段曾經修習過的教程課程。問卷之內容範例陳列如表 9 所示：

表 9 問卷題目範例

構面一：	範例：
具備以實驗教學 引導學生學習科 學方法及知識的 能力	你能安排實驗教學或實作活動，培養學生細心、謹慎且符合邏輯的科學態度
	非常符合 有點符合 普通 有點不符合 非常不符合

構面二： 具備引導學生認識科學的態度與本質	範例： 能引導學生養成應用科學思考與探究的習慣，能運用科學的思考模式判斷生活中科學資訊的可信度。
	非常符合 有點符合 普通 有點不符合 非常不符合
構面三： 具備指導學生完成探究與實作活動與科學專題研究能力	範例： 你能指導或引導學生嘗試由探究結果建立合理模型，以模型描述所觀察的現象。
	非常符合 有點符合 普通 有點不符合 非常不符合

(二)半結構式晤談

本研究採半結構式(semistructured interviews)的方式對共十三位師資生進行深度訪談(Patton, 2002)，每次進行約一小時。在訪談前均有向研究參與者敘明研究目的，確保研究知情與研究倫理。研究者並於每次晤談前一天均先給予訪綱，使研究參與者能事先知悉簡要的訪談問題，以使參與者能熟悉問題情境，且晤談之回答能聚焦於問題本身。

訪談綱要能反映出研究者的關心焦點，脈絡式的從師資生對於探究與實作的畫面感出發而進入對於探究與實作的詮釋；再從研究參與者自己的詮釋中去界定一個理想的探究與實作課程實施時該有的條件，最後從其條件及自身過往經驗中敘述探究與實作實施過程中可能遇到的困難挑戰，並回應師資培育的需求。

晤談綱要如表 10 呈現出四個部分。第一、二部分欲得知師資生對於探究與實作的畫面感及其圖像，故以探究與實作為核心，從師資生的敘說探討探究與實作的定義與其之間的關係，以此取向描述探究與實作的畫面感及圖像。第三部分的晤談問題綱要則為從詮釋過渡到需求的階段，欲從師資生對於理想的探究與課程實施條件中設立一基準，以便於後續能繼續陳述對於探究與實作的挑戰及困難。

第四部份的晤談問題綱要則希望能回應師資培育的專業需求，故從過往的自身經驗中及前項所設立理想標準去陳述探究與實作的挑戰及困難。

表 10 晤談問題綱要

提到「探究與實作」，浮現在你腦海的第一個畫面是什麼？這個畫面對你來說有什麼意義？

「探究」與「實作」是否不同？

「探究與實作」與國高中的科學實驗課程有何相同或相異之處？

你覺得探究與實作算不算是一種能力？

你覺得探究與實作與素養導向的教學有什麼關係？

你覺得一個好的探究與實作課程的實施，應該包含哪些條件？

探究與實作中的四個面向：發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享，你覺得哪一個面向是最難教的？為什麼？

如果自己要在班上帶領探究與實作的課程，需要具備那些知能(知識技能)？

檢視自己過去在師大修教程期間學習經驗中，哪一門課對於之後從事探究教學有幫助？

(三)研究者自身

研究者本身同時也是師資生的身分，在師資培育相關的研究中更是重要的利益關係人。而研究者以身為度，將自身作為研究工具(the researcher is the instrument)(Patton, 2002)，能參照自身師資培育的修課經驗與師資生的詮釋進行對話，在晤談中發揮感受力及觀察力，更能於討論與分析中產出更為深刻的洞見。

第四節 資料蒐集與分析

本研究所蒐集之量化資料採用 SPSS 統計套裝軟體進行統計分析，由於本研究的樣本數較少，故採以無母數的曼—惠特尼進行統計考驗(U 考驗)(林清山，1992)。而質性資料則以 Nvivo10 質性分析軟體(Qualitative data analysis software, QDA)協助研究者進行資料分析，並採紮根理論(Strauss & Corbin, 1997)中的分析方法對質性的研究資料進行開放編碼(open coding)，編碼緊扣研究目的及研究問題，並且對應晤談的問題綱要。表 11 呈現資料來源與研究問題之間的對應關係。

表 11 資料來源與研究問題之間的對應關係

研究問題	資料來源	資料分析方法	資料數量
1. 有修習探究與實作課程的師資生其對探究與實作教學的自我效能是否優於無修課的師資生？	網路問卷	敘述統計分析、U 考驗	大三以上共 47 位理學院師資生
2. 師資生如何詮釋探究與實作？	晤談	紮根理論的分析技術、開放性編碼	共 13 位曾修過探究與實作的理學院師資生
3. 師資生在探究與實作的詮釋中表達了何種專業需求？	晤談	紮根理論的分析技術、開放性編碼	共 13 位曾修過探究與實作的理學院師資生

質性資料的開放編碼依據經驗及意象與詮釋歸納為兩個不同的大類別(category)，同時以 Klein 與 Goodlad (1978) 課程決策層次作為框架，將適當的晤談內容置入五個類別中：「I-1 學生經驗課程層次」、「II-1 理想課程層次」、「II-2

正式課程層次」、「II-3 知覺課程層次」、「II-4 運作課程層次」，最後在五項類別中浮現各自子類別的編碼：「I-1-A 感受及想法」、「I-1-B 定義」、「I-1-C 關係」、「I-1-D 目標」；「II-1-A 關係」；「II-2-A 發現問題」、「II-2-B 規畫與研究」、「II-2-C 論證與建模」、「II-2-D 表達與分享」；「II-3-A 課程優勢條件」、「II-3-B 課程內容條件」、「II-3-C 教學者條件」、「II-3-D 學習者條件」、「II-4-A 課程時機條件」。

最後呈現如表 12 所示之分析框架。

表 12 分析架構

類別	編碼	定義	逐字稿範例
I-1 學生經驗課程層次	I-1-A 感受及想法	對探究與實作經驗的感受或想法。	可是探究與實作就是一種去探索一件事情的過程，覺得那時候就有點衝擊吧。就是會覺得探究與實作...有點...難以掌控...跟過去習慣的上課行為都很不像，所以會要花一段時間去調整心態。
	I-1-B 定義	對探究與實作的定義	因為探究可能比較重...重思考。就是它是比較前面的過程，然後實作是可能思考之後，針對你思考後的東西去作一些檢測，是後面實作。
	I-1-C 關係	探究與實作之間的關係	實驗會被包在實作裡面。就探究是最大的一個圈，然後裡面第二大的圈是實作，然後實驗它是最小它是包在實作裡面，所以是探究大於實作大於實驗。
	I-1-D 目標	對探究與實作欲達成的目標或期待	如果你跟著大家都人云亦云，比如說地心說，大家都覺得地球就是中心，就不會有像發現日心說這樣的概念。要有自己的想法，自己去做一個合理的邏輯判斷是一件很重要的事情，科學也經常在講以及生活上來講。
II-1 理想課程層次	II-1-A 關係	素養與探究與實作之間的關係	就是素養導向是一個比較理念上的東西，很難說你的動手操作了機械化的事情就能夠達到的部分，也不是一直吸收知識就能獲得的

東西。

II-2 正式課程層次

II-2-A 發現問題

自然領綱探究與實作
中的觀察現象

其中觀察發現問題這部分，就不一定是每個學生都有辦法做到的事情。這可能就是 一個比較困難的地方，再來就是提出可驗證的觀點的時候。就他可能即使知道了他的問題... 噢還是這個就是發現問題? 喔沒有這就是提出假設，就我前面講的提出假設。就你根據那個問題，然後要怎麼去提出一個想法或是模型，這可能是第二個有挑戰的地方。

II-2-B 規畫與研究

自然領綱探究與實作
中的規畫與研究

規劃來講的話，可能要找出譬如說控制變因，操縱變因那些的，那一定也比較淺易懂啊，就是固定甚麼，然後要改變甚麼因素這樣。

II-2-C 論證與建模

自然領綱探究與實作
中的論證與建模

我要用甚麼理論、甚麼方式去解釋我所做到的、我做的一些實驗一些內容，那我要用怎麼樣的方式去解釋，這是比較、真的比較困難。

II-2-D 表達與分享

自然領綱探究與實作
中的表達與分享

溝通這點，這的確是很難。因為一個人就有一個想法，可能就要有所取捨。但課堂上的時間也許不夠多，那這樣子的話，我還沒有想到一個比較好的解決方式。

II-3 知覺課程層次

II-3-A 課程優勢條件

探究與實作相對於其
它課程的優勢

探究與實作的話，雖然說可能多少題目上會有些取捨，但我們可以很認真的去FOCUS在某個上面去做深入的話是一般課堂上可能很難做到的。

II-3-B 課程內容條件

實施探究與實作需要
的課程內容條件

探究與實作，我會覺得那這樣子課程設計應該要包含探究跟實作，然後探究就是要讓學生自己，可能是一個組別，他們去發想他們要討論的一件事情或一個問題。然後他們探究就會從各種方面，就每個學生他們應該有不同的想法，他們要互相把他們最原始的想法先丟出來，然後他們就去從每個的這些想法中去延伸出更多可以思考的問題，我覺得這是一個探究的過程。之後可能就是要讓他們收斂成一個比較統一的主方向，然後進一步去進行實作的部分。

	II-3-C 教學者條件	實施探究與實作需要的教學者條件	那個老師是要能掌握出學生現在的進度跟情況，我覺得這件事情是蠻重要，如果學生有問題的時候，我覺得老師他在這樣的過程中應該要具備引導學生思考的能力，然後盡量去避免給出教師主觀的想法。
	II-3-D 學習者條件	實施探究與實作需要的學習者條件	然後學生我覺得也是的蠻重要，他們是願意去思考的，因為可能也是有學生對於這類型的活動沒有很有興趣，我覺得那些學生這樣的心態下可能就沒辦法將一個探究與實作課程好的呈現出來。
II-4 運作課程層次	II-4-A 課程時機條件	實際與學生在探究與實作中的互動或環境條件	我也知道國中跟高中他們知識也不一定說真的非常夠。那可是這個探究與實作又是這麼重要的課程，我會覺得說那就安排在二年級三年級的時候吧。

為提升質性研究之信實度，吳心楷、宋曜廷、簡馨瑩(2010)提出四種不同的策略以提升質性資料的研究信實度，包含進行同儕審視、使用多重驗證、提供審核線索及厚實描述、長期進駐研究場域。本研究之晤談綱要經專家審視，具有內容效度，晤談逐字稿也皆與研究參與者進行確認，完成同儕審視(member checking)，也有邀請其他研究者共同檢視逐字稿資料，達到研究者的多重驗證。

第肆章 研究結果與討論

本研究的主要目的為探討，實施十二年國教後的自然領域師資生，其面對自然領綱中探究與實作的準備狀況為何。本章共分為三節，分別回應本研究關注的三個主要研究問題。第一節介紹師資生在問卷施測的結果；第二節描述師資生對於探究與實作的詮釋情形；第三節將以前述的詮釋為基礎，討論師資生對於探究與實作的專業需求。

本章在質性結果與發現的呈現上，將以研究參與者之摘錄逐字稿作為文本輔助說明。在呈現的體例上，研究者以第三人稱的語言敘述，其中逐字稿文本之呈現將配合研究目的與研究待答問題，以直接引述或間接描述兩種方式交織鋪陳(Bogdan & Biklen, 2007)，並適度輔以研究者之訪談筆記說明補述。兩種方式皆會以圓括號()註解訪談編碼，以中括弧〔 〕輔助說明訪談脈絡；直接引述會以不同字型(新細明體)表示，並於關鍵處以底線畫記；引述原文若太長，會在不影響原意的情況下刪除部分文字，以刪節號(……)表示，若引述內容有表達不精確或斷句不明確之情形，則以圓括弧補述以接近其原意。

第一節 探究與實作課程對自我效能之影響

本研究關注的第一個的研究問題是，有修習探究與實作課程的師資生其對探究與實作教學的自我效能是否優於無修課的師資生？為了回應待答問題，本研究施以網路問卷修改自，自然領域師培生暨職前教師專業標準專業表現指標和檢核機制(許瑛珖、林如章、張永達、傅祖怡，2015)。以下介紹問卷的施測結果。

一、描述統計

茲將問卷施測期間所蒐集到的結果(N= 47)，將各構念中的子題分數呈現如下，見表 13。

表 13 各構念的施測分數

構念一			構念二			構念三		
實驗教學或實作活動			探究與實作能力教學			科學態度與本質教學		
題號	<i>M</i>	<i>SD</i>	題號	<i>M</i>	<i>SD</i>	題號	<i>M</i>	<i>SD</i>
1	3.53	1.07	1	3.81	0.87	1	3.81	0.96
2	3.64	0.93	2	3.36	1.08	2	3.83	0.86
3	3.57	1.03	3	3.77	0.80	3	3.81	0.96
			4	3.49	1.30			
			5	3.70	0.90			
			6	3.62	0.89			
			7	3.26	1.04			
			8	3.81	1.16			
			9	3.77	1.08			

構念一欲透過自陳量表評估對於實驗教學引導學生學習科學方法及知識的能力；構念二欲評估對於引導學生完成探究與實作活動與科學專題研究的能力；構念三則是欲評估對於引導學生認識科學態度與本質的教學能力。其中在構念二中的第二題及第七題，師資生所表現出來的分數相較其他子題略低，其分別對應「你能從指導或引導學生從可探究的問題中，蒐集所需的資訊，並訂定一個可測試的研究問題」、「你能從指導或引導學生嘗試由探究結果建立合理模型，以模型描述所觀察的現象」。由此可以推論施測對象的師資生對於這兩項自評較為不足。

二、主要研究發現

本研究的對立假設是：「有修習探究與實作課程的師資生其對探究與實作教學的自我效能是優於無修課的師資生。」以無母數的曼—惠特尼 U 考驗進行統計考驗，分析結果如表 14。研究結果顯示，在自我效能問卷上的各題分數，有無修課兩群體之間並無存在顯著差異，構念一中三個子題皆未達顯著水準(第一題 $U=167.50$, $Z=-1.275$, $p=.201$ ；第二題 $U=212.00$, $Z=-0.13$, $p=.922$ ；第三題 $U=193.50$, $Z=-0.603$, $p=.552$)，構念二的九個子題皆未達顯著水準(第一題 $U=211.00$, $Z=-0.155$, $p=.918$ ；第二題 $U=215.50$, $Z=-0.041$, $p=.988$ ；第三題 $U=199.00$, $Z=-0.474$, $p=.671$ ；第四題 $U=202.00$, $Z=-0.407$, $p=.705$ ；第五題 $U=214.50$, $Z=-0.065$, $p=.962$ ；第六題 $U=209.50$, $Z=-0.206$, $p=.859$ ；第七題 $U=199.50$, $Z=-0.453$, $p=.680$ ；第八題 $U=215.50$, $Z=-0.039$, $p=.991$ ；第九題 $U=208.50$, $Z=-0.225$, $p=.848$)，構念三的三个子題也皆未達顯著水準(第一題 $U=156.00$, $Z=-1.583$, $p=.117$ ；第二題 $U=179.00$, $Z=-0.978$, $p=.345$ ；第三題 $U=184.00$, $Z=-0.840$, $p=.399$)，綜合以上三個構念故無法拒絕虛無假設。整體而言，本次問卷調查的統計結果與研究者的假設不同，即有修習探究與實作的師資生其自我效能沒有優於無修課的師資生。

表 14 有無修課在探究與實作教學能力之 U 考驗摘要表

		人數	平均等級	等級總和	U 值	Z	p
構念一：實驗教學或實作活動							
第一題	有修	14	26.54	371.50	167.50	-1.275	.201
	沒修	33	21.40	663.50			
第二題	有修	14	22.64	371.00	212.00	-0.130	.922

	沒修	33	23.16	718.00			
第三題	有修	14	24.68	345.50	193.50	-0.603	.552
	沒修	33	22.24	689.50			
構念二：探究與實作能力教學							
第一題	有修	14	22.57	316.00	211.00	-0.155	.918
	沒修	33	23.19	719.00			
第二題	有修	14	23.11	323.50	215.50	-0.041	.988
	沒修	33	22.95	711.50			
第三題	有修	14	21.71	304.00	199.00	-0.474	.671
	沒修	33	23.58	731.00			
第四題	有修	14	21.93	307.00	202.00	-0.407	.705
	沒修	33	23.48	728.00			
第五題	有修	14	23.18	324.50	214.50	-0.065	.962
	沒修	33	22.92	710.50			
第六題	有修	14	22.46	314.50	209.50	-0.206	.859
	沒修	33	23.24	720.50			
第七題	有修	14	24.25	339.50	199.50	-0.453	.680
	沒修	33	22.44	695.50			

第八題	有修	14	22.89	320.50	215.50	-0.039	.991
	沒修	33	23.05	714.50			
第九題	有修	14	23.61	330.50	208.50	-0.255	.848
	沒修	33	22.73	704.50			
構念三：科學態度與本質教學							
第一題	有修	14	27.36	383.00	156.00	-1.583	.117
	沒修	33	21.03	652.00			
第二題	有修	14	20.29	284.00	179.00	-0.978	.345
	沒修	33	24.23	751.00			
第三題	有修	14	20.64	289.00	184.00	-0.840	.399
	沒修	33	24.06	746.00			

從施測的結果觀之，有無修課對於師資生的探究與實作的教學能力並未有影響，然而如果針對其中的內涵更仔細的盤點，會發現至少在「發現問題」與「論證與建模」中都有分數較低的情況。故第二節將從對師資生的深度訪談中，更細膩的描述師資生對於探究與實作的詮釋。

第二節 探究與實作的詮釋

本研究關注的第二個的研究問題是，師資生對探究與實作之詮釋為何？在描述師資生對探究與實作的詮釋時，將採取 Klein 與 Goodlad (1978)課程學者之課

程決策分析，其將課程區分為五個不同的層次：理想課程(ideal curriculum)、正式課程(formal curriculum)、教師知覺課程(perceived curriculum)、教師運作課程(operational curriculum)、學生經驗課程(experiential curriculum)。本節擬就研究目的及待答問題，依據此層次的分析框架，挑選最適合回應研究問題的其中三個層次，描述師資生對於探究與實作的詮釋。於三個次小節分別描述其對於探究與實作的學生經驗課程層次、教師知覺層次及正式課程層次。

一、學生經驗課程層次

Klein 與 Goodlad (1978)的學生經驗課程層次是學生對於教師所知覺的課程之經驗，與研究者此處之學生經驗課程定義不同。從經驗課程的層次來看師資生對於探究與實作的詮釋，研究者著眼於自身之經驗會很大程度的影響對探究與實作的知覺及意象，故定義學生經驗課程層次為師資生從自身過往經驗出發連結至探究與實作，同時調整原本課程決策的層次順序，將學生經驗課程層次列為首先的分析焦點。在學生經驗課程層次之下，依據選擇編碼的結果呈現三個子類別，針對「感受及想法」、「定義及關係」、「目標」分別敘述。

(一)感受及想法

在經驗課程的層次中，研究者發現師資生對於探究與實作的經驗分為兩類，一是做為學生於就讀大學期間或以前的求學經驗，二是來自於師資生在修習探究與實作的教育專業課程的經驗。其經驗中的科學相關學習歷程形塑了師資生對於探究與實作的畫面，以下分述之。

1. 實驗室的學習經驗

提到探究與實作，師資生往往從過去自身之求學經歷尋找其畫面及感受。而國高中時期到實驗室做實驗的經驗往往是最先被提及的，其中一位研究參與者表示：

〔受訪者被問及探究與實作時浮現於腦海中的畫面〕「最直接的第一個畫面會是在實驗室裡面。譬如說像一些實驗課我們以前的老師他們都會給我們一些器材，然後要我們再去自己設計一個實驗，說你要去觀察什麼或是設定什麼變因去實現他，然後先預測說他會不會有這樣的結果，最後再去驗證然後檢討……像是之前生物不是有個單元，酵素是哪一類，老師可能會讓我們去設計實驗，他可能提供不同的試劑酸跟鹼，然後就是 pH 值我們自己去弄……高中的話我記得有銀鏡的實驗，會讓我們自己去試說怎樣才能做出比較好看的銀鏡或是怎樣子成功率會比較高。」(C4 訪 191211)

師資生(C4)回憶自己於國高中時期曾參與不同的實驗課程，例如國中生物的酵素實驗、高中化學的銀鏡實驗，在實驗的過程中能讓學生自行設計實驗、考慮變因，並思考何種條件能達致更佳的實驗結果，而此為師資生被問及探究與實作所浮現之畫面。

而除了國高中以前的實驗課程之外，大學期間於系上所修的實驗課程，也形塑了師資生對於探究與實作畫面的來源之一，成為助於培養探究與實作的知能。見以下晤談片段：

〔受訪者提及實驗課能助於探究與實作的了解〕「我覺得大一到現在，修的每個實驗課都算是吧。因為我從大一不太知道怎麼去寫結報、預報，到我現在還算蠻知道。就我覺得這都是一個過程，所以也沒有說特定什麼時候讓我可以去帶探究與實作，而是這一系列的實驗課的培養讓我覺得在實驗這方面有得到，恩...一定的知能。」(C1 訪 191101)

師資生(C1)提及大學於系上的實驗課，能培養實驗的技能，包含按步驟作實驗，或者與同學討論、根據實驗結果撰寫分析報告等。而雖然實驗有較為系統化的步驟和流程，但此經驗仍有助於探究與實作中的實作能力。

2. 探究與實作的修課經驗

師資生也會從過去曾在教育專業課程的探究與實作之經驗中，建構出屬於自己對於探究與實作的獨特畫面。有三位研究參與者皆提到在修課過程中與同儕討論的經歷，見以下晤談片段代表：

〔受訪者的畫面中提及「一群學生」，令研究者好奇並追問意義〕「我覺得團體好處是，因為每個人的發現、可能觀察到的現象不同，所以針對所觀察到的現象，他們可能提出不一樣的見解。那如果是團體的話他當然就可以在團體討論中刺激其他人不一樣的想法，最後可以綜合出那一個群體裡面自己的總和(意見)，這樣也有助於大家在討論上還有分析的過程中，他們能夠綜合更多的意見跟想法。」(B2 訪 191127)

師資生(B2)過去於探究與實作課程中，參與同儕討論有許多的好處，他列舉團體討論之意義，能從不同角度觀察，提出不同見解，刺激不同想法及綜合意見。

除了同儕的角色以外，當提到對於探究與實作的畫面時，教師的角色也被提及。見以下晤談片段：

〔研究者就受訪者提及的教師角色追問之〕「我認為他是一個引導者，引導一個議題流程進行。他可能也會教給學生某些知識，但他並不是非常主動的去提供學生這些知識，而是要讓學生透過一些問題然後去討論出這些背後的原理。」(C2 訪 191202)

師資生(C2)提到教師作為引導者的角色，除了引導整個議題流程的進行，也透過引導學生討論而非主動提供給學生知識。

另一方面，師資生也提及修課中經歷的探究與實作的主題，如師資生(GS1)分享他在修過課之後，探究與實作已變成很廣泛、跟自然科相關但不只侷限在課綱內的主題(GS1 訪 191031)。前述對於主題的特徵，亦可在另一位師資生的描述見到：

〔受訪者提及自己於探究與實作曾設計的主題〕「那時候我們的課程是在做鑑識科學，這已經是探索與實作的模擬了(指師資生為自己設計的教案進行模擬的階段)。然後(主題)就是鑑識科學血液的部分，讓學生用一些試劑來測試，到底是不是血液，還是其他未知的液體。」(B3 訪 191218)

探究與實作的主題來源不見得非要被限制在課綱內，如師資生(GS1)提及探究與實作的主題跟自然科相關，或師資生(B3)於課程中所設計的鑑識科學之例子，均可見之。

探究與實作的主題，更可以從廣泛的範圍中與生活經驗作連結，甚至在過程中學習系統性的找答案。如另一位師資生表示：

〔受訪者被問及探究與實作時浮現於腦海中的畫面〕「我本身就是一個很希望大家可以從生活的經驗去學習，我在上探究與實作這個課程之前就有這樣的構想。當我上了探究與實作之後，這個構想我覺得可以更有系統性的去進行……然後可以把我一開始說的構想，他從生活經驗中不是只是說『喔！好酷喔！』就這樣沒了，而是在好酷的過程中，你知道什麼叫做研究，你知道什麼叫做找答案。」(P3 訪 191206)

如這位師資生（P3）表示，透過探究與實作的過程，讓學生可以學習從生活經驗之中以研究的方式系統性的找答案。

然而，相對於前述的所強調的系統性過程，卻也有其他師資生持有不同的想法。見以下的晤談片段：

〔受訪者被問及探究與實作時浮現於腦海中的畫面〕「因為我之前修的探究與實作課程，我那時候在課堂上，有點沒有很確定自己是在做什麼的一個過程。有時候會覺得整個討論的期間還蠻長的，可是就我們也不知道自己做的對不對，教授也不會特別去說我們應該要做什麼。所以我自己覺得探究與實作是給我一個很不確定的一個活動……然後我們在討論那個課程的時候，我覺得我們也就是有點像在探究與實作，就不知道我們真的應該要做什麼，或是我們要限制設計的教案到什麼程度，就還蠻未知的。」(C1 訪 191101)

師資生（C1）表示自己在探究與實作的課堂上並沒有非常清楚自己該作的事情，對於教案的設計也感覺到未知、無明確的規範可依循，以至於自己在課程的討論中產生了「像在探究與實作的感覺」。而這種不確定性或未知的感受，也能在另一位師資生的經驗中見到相似的例子：

〔受訪者被問及探究與實作時回想過去的另類經驗〕「像我國小國中高中的時候，老師給的答案都很明確，所以我就認為說，就是一定是這樣子的，就比如說可能像大霹靂理論，就覺得一定是長這個樣子，沒有什麼不可質疑。但是到了大學之後就會發現說，其實好像沒有那麼絕對，因為畢竟這理論會被提出來，或者是可能事後又有其他人提出來，它可能又有什麼不足的地方，以及可能還有待修改，甚至是我們還沒有觀察到的現象，有可能就會打破之前的假設這樣子。科學本身就是一種演進的過程，但我在國小到高中這段期間其實也就只有一個老師會說『我覺得不太確

定，你要不要試試看阿』，給我一個很不明確的答案。但我其實那時候覺得說，那個不明確的答案讓我覺得很不舒服，因為對當時的我來講，科學本來就是有一定的模式一定的答案這樣子。」(GS1 訪 191031)

師資生(GS1)陳述自己過去某次不同於以往的學習經驗，由於課堂上老師的開放且不預設明確答案的回覆，讓他對於當時深信「有絕對答案及標準的科學」產生衝突感，進而有不舒服的感受。而這與前述師資生(C1)於課程中所經驗到的「像在探究與實作的感覺」，皆是源自於類似的對於不確定性或未知的感受。

(二)定義及關係

在師資生經歷了無論是來自於實驗課程或教育專業中的探究與實作的課程，都能從這些經驗轉化為自身對於探究與實作的定義及關係。以下接著開始描述師資生們對於探究與實作的定義及探究與實作之間的關係。

1.探究與實作的定義

四名師資生對於探究與實作有相似的定義，如師資生(B1)認為探究比較重思考，實作則是針對思考去動手做檢測(B1 訪 191102)。見以下晤談片段代表：

「探究比較是在討論，你雖然有投身在活動，可是你只是動腦動嘴去跟大家討論你覺得怎麼樣。但實作的話感覺是你自己下去動手操作這個活動這個主題的一些事情，多了一個動作」(B4 訪 191220)

這種定義的方式見於在其他師資生的敘述中，如以下晤談片段：

「直接聽到的話就是，可能探究比較重思考，就思考方面的，然後實作的話可能就是重在要動手操作，親自去動手操作這部分。」(B1 訪 191102)

除了以此種方式定義外，也有四位師資生以科學方法的流程對探究與實作進行定義，見以下晤談片段代表：

「就以前學科學方法的時候，第一個是觀察，再來是發現問題，我記得發現問題之後是要提出一個假說，然後再去檢測你的假說，就是做實驗檢測你的假說……提出假說以前可能都是探究的部分，後面實際去檢測的時候就是實作。」(B1 訪 191102)

而師資生(P3)則以實際的例子來說明這種形式的定義，見以下晤談片段：

〔受訪者舉紫高麗菜汁測酸鹼的例子解釋他對探究與實作的定義〕「他們的探究(的地方)在於為什麼會變成紅色？那為什麼會是藍藍的？那為什麼不變色？然後就開始探索。或是說我甚至不跟他們說我到底加了什麼，那他們要來怎麼驗證說所以我這杯是加了什麼東西，我這杯又加了什麼，(學生要)開始去探索跟去想。實作的部分在於他們去拿廣用試紙，然後他們去拿了比如說酸性對應的東西鹼性對應的中心去猜測他變色的原因是什麼。」(P3 訪 191206)

師資生(P3)以紫高麗菜汁說明，探究的部分為學生思考其轉變為不同顏色的原因，而實作則是依據心中猜測可能變色的原因，透過廣用試紙的測試來作應證。前述兩個例子皆是透過科學方法中的流程對探究與實作進行定義。

若將實驗也加入定義，則能更澄清探究與實作的定義。如師資生(C4)將探究實作與實驗擺在一起進行比較，見以下晤談片段：

「國、高中的實驗課跟探究與實作(比較)，我覺得還是會有一點點差異。因為感覺探究與實作它可以推廣到更廣的範圍，就他不一定要是課本哪一類的實驗，也可以是學生可能自己有什麼有興趣的東西他們自己去設計出來，然後自己去繼續研究。」(C4 訪 191211)

被限縮在課本範圍的實驗，也因此會有對應的步驟。如同有七位師資生在受訪時皆提到，實驗強調的是固定的步驟，而探究與實作則期望學生自己能設計。見以晤談片段代表：

〔研究者請受訪者比較探究實作與實驗的差別〕「它(探究實作)還是不太一樣耶，因為它(實驗)是教科書上已經設計好的東西，可能會有習作，雖然它也是引導式的那種，但是它可能就是一個非常已知的東西，已經完全把流程也都做好了。你只要去實驗室把它給做好、做出一個成果，然後寫出那些什麼數據啊然後報告計算，你就可以得到結論。可是我認為說探究與實作裡面的實作它是希望學生可以自己去設計，就是針對你想要了解的東西去設計一套過程，所以它的難度又更高一點，而不是只有制式的課本上面的東西，然後要我針對它的那個實驗流程去做一遍實驗而得出結果，所以我覺得兩個還是不太一樣的。」(C2 訪 191202)

師資生(C2)明確的區分了實驗與探究實作之間的區別。相對一個已知步驟甚至只要照著做即可得到成果的實驗，探究與實作則允許學生能在過程中有更高的

自由度，讓學生可以針對想要了解的東西去設計過程，兩者確實有很大的差別。另外也能在這個晤談片段發現，對於師資生(C2)而言，他提到「探究與實作裡面的實作是……」並以此與實驗做比較，可以推論他認為實驗是比較偏向探究與實作中的實作，這個概念的定義也能在另一位師資生的晤談片段見到：

〔受訪者比較探究實作與實驗〕「國、高中的實驗它主要都是給你一個食譜式的實驗，就是它已經給你到底要做什麼，你的實驗步驟它都已經幫你規劃好了，所以完全只有實作的部分沒有進行探究。甚至做完實驗，你就只要把你量到的東西交給老師，也沒有要求你去思考實驗結果跟理論的連結，連這步可能都沒有就只是單純的把它拿去做做看而已，它主要就會是只有實作。」(P4 訪 191223)

師資生(P4)除了也提到實驗是已經有明確的步驟外，在他的陳述中也透露出只有單純動手作而無思考的實驗，就僅僅只是實作的部分而沒有探究。這也能與前述的定義——「探究即思考、實作即動手做」互相參照。

師資生也從比較探究實作與實驗的歷程及目的切入比較，談到實驗是以驗證現象為終，目的是為了驗證，而探究與實作則是以觀察現象為始，目的是為了發現。見以下兩則晤談片段代表：

「(實驗)它給你器材給你步驟，說明接下來該怎麼做，然後去應證你的這個現象。那探究與實作的話我反而覺得它像是給你一個現象，然後它要你觀察，要你用手邊可能可以觸及到的一些物品讓你模擬，去針對你提出的假設進行實驗。它沒有給你明確步驟，反而是要你透過你自己的觀察去設計你想要去驗證的過程跟實驗。」(B2 訪 191127)

雖然在上述片段以「驗證」這個動詞描述探究與實作的過程，但另一位師資生(C4)的說明，剛好可以為探究實作的「驗證」作更進一步的詮釋，見以下晤談片段：

〔受訪者提及國高中實驗比較是驗證，研究者則以探究與實作是否為驗證追問之〕
「驗證嗎？我覺得更多的是發現。就是與其在課本上面已經知道這些事情了，不如先把這些你之後會知道事情不告訴你，然後帶你進實驗室做完之後，你把自己得到這些結果彙整起來，用你的實驗去說明這些數據是不是跟其他組的一樣……之後可以再比較說他們是不是真的符合課本講的。」(C4 訪 191211)

師資生(C4)認為探究與實作更多的是發現而非驗證，轉化課本上原本已知的事情為未知，經過探究與實作過程，以學生自己的數據彙整結果，成為自己的發現。

2.探究與實作的關係

對於探究與實作之間的關係，有三位師資生提到由探究中去實作，如師資生(B4)表示「覺得探究與實作聽久了，大家都以為是要先探索再去做出一個東西(B4 訪 191220)。」同樣也能在另一位師資生的敘述中發現，見以下晤談片段：

「我覺得我自己腦袋要先一個假設，它會對應什麼樣的結果然後再去實作，如果說沒有那個心目中的假設的話，那我隨便亂做也不知道我出來我要的是什麼」(P2 訪 191128)

師資生(P2)表示需要先經過探究才能形成假設，也才能有後續的實作，否則沒有方向也無法得知最後做出的結果是什麼。

然而除了前述的單向直線關係，也有其他四位師資生認為探究與實作的關係應該是來回的，意即可由探究到實作，也能從實作到探究。見以下晤談片段：

「我覺得順序上他可能會有兩種狀況。就是你可能在做一個實驗的時候，你先實作，結果你發現實作的過程中有一個可能課本裡面沒有解釋到的現象，你想要去分析它，或者試圖去解釋它，那就會變成是，你在實作過程中轉往探究方向走。或者是你觀察到一個現象的時候你想要去分析它，然後去設計一個實驗，這就是探究之後再去進行實作的部分。所以我覺得探究與實作的話，它的順序可以對調。」(B2 訪 191127)

師資生(B2)認為順序並非單一線性，能先經過實作發現課本沒有解釋到的現象，為了分析才開始進行探究；也能在一開始進行探究，從觀察現象到分析，設計實驗後就進入到實作的部分。

除了上述兩種關係以外，更有另外兩位師資生提出另一種不同的說法來描述探究與實作的關係，見以下晤談片段：

「整個過程中它就是一個的探究的過程，然後實作可能就是輔助他探究的一個方式，可是這個實作是因為你要去設計一些流程，然後去做出結果所以我認為實作是又再困難一點點的…… 整個過程就是探究一個問題啊，我認為他做的每一件事情，包括他在實作的過程中其實也是有包含一點探究的成分在裡面。」(C2 訪 191202)

師資生(C2)不將探究與實作獨立看待，而是視探究與實作為一個探討問題的過程。在探究過程中需要實作的輔助，而實作中也包含有探究的成分。因此探究與實作是一種相輔相成、並肩同行的關係。

師資生還有另一種對於探究與實作之間的關係，是從集合的角度來描述。見以下晤談片段：

「就探究是最大的一個圈，然後裡面第二大的圈是實作，實驗它是最小它是被包在實作裡面，所以是探究大於實作大於實驗。」(P1 訪 191108)

師資生(P1)以集合的角度，描述探究為最大的集合，裡面則包含實作這個子集合，更裡面又包含了實驗這個子集合。以師資生(B2)的話來說，就是實驗算是實作的分支，而探究的定義又相較於實作為更廣。

(三)目標

在從自身經驗形塑出對於探究與實作的定義及關係後，師資生接著能對於探究與實作勾勒其目標。在十二年國教強調素養導向的影響下，讓他們將探究與實作視為一種培養素養的媒介。同時，科學背景之故，也讓師資生將探究與實作視為一種學習科學的方式。茲將目標分為生活方面以及科學學習兩方面，以下分述之。

1.生活方面

在強調素養導向為目標的十二年國教薰陶下，師資生往往輕易能將探究實作與之做聯結，見以下晤談片段：

「我覺得它是培養能力的一個方式，培養能力的一個教學方式。因為探究與實作不是扣到十二年國教嗎？然後它不是有一個希望學生能夠解決未來問題的方法或能力嗎？如果學生在面對未來未知的問題時有探究與實作的過程的訓練，那他在未來可能遇到問題的時候，而且這個問題是他遇到的而不是老師拋給他，他一樣有這個能力去解決他所遇到的問題。」(C2 訪 191202)

師資生(C2)指出探究與實作做為一種教學方式與十二年國教的精神緊扣，能夠讓學生培養出在未來即使沒遇過的問題，都能有解決的能力。

至於如何能有解決未來問題的能力，師資生(P3)的闡述更進一步指出其中的關鍵處在於培養邏輯推理分析的能力，見以下晤談片段：

「它是一個軟實力，是一個可以讓學生擁有邏輯思維的能力。講大一點是他一直在學習怎麼樣解決問題。這不論是對文(科)或是對理(科)，你想要探討人生、探討為什麼蘋果掉下來也可以。它是一個你發現了問題，那接下來請提出你的假設，最後驗證它得出結論的能力。」(P3 訪 191206)

這段說法能呼應師資生(C4)也簡短的提到「思辨能力，才可以比較有條理地去分析一件事。」(C4 訪 191211)兩者共同指出探究與實作的過程做為一種培養邏輯推理及條理分析的能力。

除了能理性的以邏輯條理的方式解決問題，更有師資生(P2)指出另一種培養想像力為目標，見以下晤談片段：

〔研究者追問受訪者提出的想像力〕「為什麼是想像力，如果沒有想像力的話那你根本就想不出來他有哪一些變因，就是你列不出來。因為探究與實作它不會告訴你明確的步驟，或者這代表你必須有想像力才能想到有哪些變因是可以調整，而且在實作的時候也是會有同學提出老師沒有提到的，或者是其他人沒有想到的 Idea，其他別人沒有想到的因素、影響的因素。」(P2 訪 191128)

師資生(P2)詳細的說明想像力在探究與實作中的應用，在於能夠於分析時嘗試、調整更多的變因，也能提出更多影響實作過程的因素。相對於收斂性的邏輯分析，想像力則是發散性的方式，兩者相輔相成闡釋了探究與實作如何解決未來所遇到的未知挑戰。

解決問題之外，探究與實作所要達成的目標也能是一種更單純的體驗，如同師資生(P3)所表示：

「講個更簡單的(例子)就是都卜勒效應的救護車。那大家就是開啟了，喔原來救護車的聲音不同，他們回去就可能可以觀察救護車的聲音。那他就是希望可以跟這世界或是說更去探索，原來世界是藏著這麼多有趣的事物，所以這叫做跟世界有連結或者是一種探索世界的好奇心。」(P3 訪 191206)

師資生(P3)以物理上常見的救護車聲音的例子說明，探究與實作能讓自己帶著好奇心的眼光去體會及探索世界，比起解決未知的問題和挑戰，這是一種更加單純的美好體驗。

2.科學學習方面

師資生也本於自己的科學背景，闡述了探究與實作之於科學發展的助益。師資生(GS1)認為探究與實作中的推論或判斷是一件重要的事情，幫助了科學的推進。見以下晤談片段：

〔在陳述完其他探究與實作的功能時，受訪者最後補充道〕「探究與實作，我覺得最後一點是，比如說這個科學現象背後可能有這樣子的解釋，可是你可能提出的解釋跟他現行的解釋是有點出入的。在這樣的情況下，你要怎麼去主張說你的(解釋)是正確或錯誤的，是一件相對來講很重要的事情。因為科學上就是不停的在推翻前面所說的事情，這樣子就會不停的進步。那如果不做這樣的事情，如果你跟著大家都人云亦云，比如說地心說，大家都覺得地球就是中心，於是大家都認為地球就是中心，就不會有像發現日心說這樣的概念。要有自己的想法，自己去做一個合理的邏輯判斷是一件很重要的事情，科學也經常在講以及生活上來講。」(GS1 訪 191031)

藉著師資生(GS1)的說明，探究與實作中的邏輯判斷也從生活中帶到科學上，成為科學推進發展的關鍵。若只是人云亦云沒有獨立思考判斷的能力，則科學可能停滯，正如地心說將被視作唯一解釋，而無法接受日心說。

除了科學知識的累積及進展，師資生(C1)也說明探究與實作在科學發展上的另一個目標，即為培育為科學家。見以下晤談片段：

「我覺得有點像是以前科學家的培育路程。就是一些現在有名有姓的科學家，他們當初應該就是屬於探究與實作的，因為以前也沒有什麼定理，就更早以前的話，他們都是要自己去想，然後就設計出來那個實驗的過程。所以就真的就包含了探究與實作我覺得。」(C1 訪 191101)

師資生(C1)認為探究與實作幫助了早期在沒有其他科學定理年代的一群人，使他們藉著探究與實作自行思考、設計實驗，而在這個過程中成為了科學家。

綜合上述，本小節呈現師資生對於探究與實作在經驗課程層次的詮釋。從師資生在過去的學習經驗中形塑了對於探究與實作的畫面，產生自己對於探究與實作的定義及關係，進而發展出了探究與實作該成為何種目標的論述。茲將師資生於經驗課程層次所詮釋的核心訊息整理於下，見圖 7。

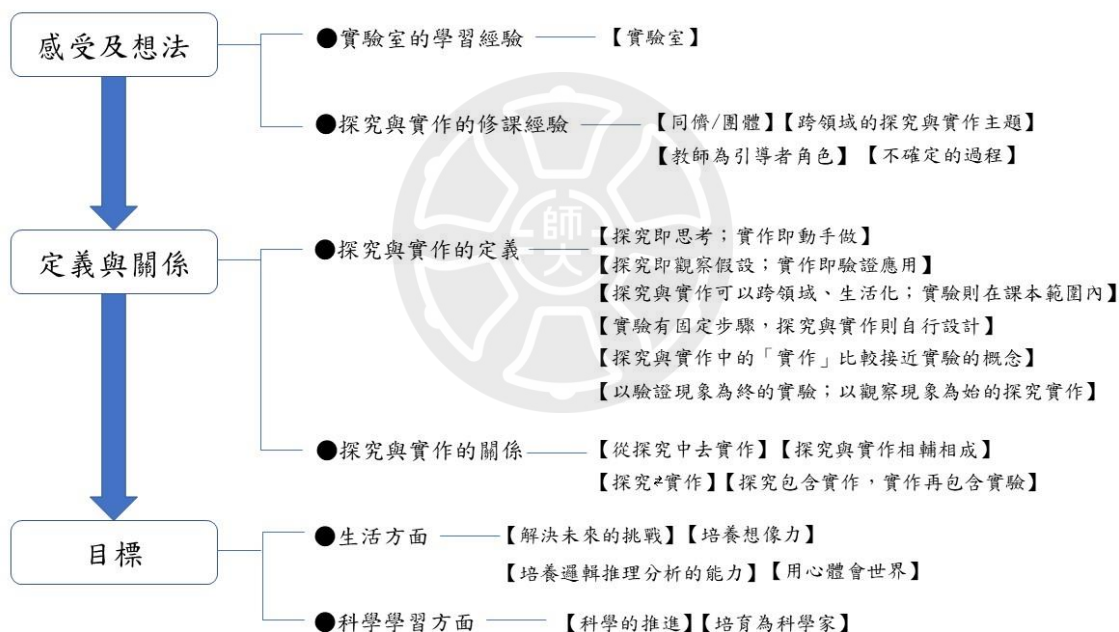


圖 7 學生經驗課程層次圖解

二、教師知覺課程層次

如研究者的自身經驗，對探究實作的知覺立基於個人經驗，故能從經驗形塑出畫面及定義，帶著定義才能完整詮釋對於探究與實作的知覺。本小節擬就

教師知覺的層次，分別描述師資生對於探究與實作的「教學者圖像」、「學習者圖像」及「課程圖像」三個子類別。

(一)教學者圖像

在探究與實作的課程中，師資生所知覺到的教學者圖像乃豐富而細膩，可以從教學者的背景知識要求到個人的人格特質及態度，課程中的目標設定、教學方式及對學生的掌握程度，再到課程外需有跨領域的共備夥伴等。以下接續描述。

1.個人

六位師資生不分科系及科學背景，在被問及教學者時皆很快地浮現背景知識的重要，其不假思索的反應如同師資生(P2)所言「應該要重讀物理吧？老師自己的知識背景就要很強阿才能帶這種探究與實作，因為搞不好學生隨時都提出一句你解答不出來的話(P2 訪 191128)。」重視背景知識除了擔心會被學生問倒，還有提供進階學習的功能，如以下晤談片段代表：

「我覺得自己本身也要對那門課，探究與實作，身為這門任教老師我一定要對於他可能的知識內容、知識背景要有十足的掌握，然後我還要去延伸出一些對他們程度來說稍微進階一點的知識，然後我才會比較好去帶這門課。」(C1 訪 191101)

綜合兩位及其他師資生的晤談片段，表達了背景知識用以回應學生的提問、架構課程內容及延伸的進階知識，對於探究與實作的課程來說給予相當程度的重視。

除了背景知識以外，教師個人的特質也被師資生提及，如師資生(B2)表示：

「我覺得學生上課的動力來源除了這課程有不有趣以外，主要還有一個很大原因在這個老師符不符合他的認知，當學生覺得這老師很無聊的時候就算這堂課的課再怎麼吸引你，我覺得都沒有辦法讓學生投注太多心力。如果老師不有趣沒辦引起他注意的話就算再怎麼好的課他都變無聊。」(B2 訪 191127)

師資生(B2)表示就算課程的設計再精彩，若教師個人沒能足夠有趣與學生對頻，學生的動力可能也很難維持，無法持續投入心力在探究與實作上的學習。

除了個人風格有趣符合學生認知之外，師資生(P3)也提出另一個在教師身上的關鍵，見以下晤談片段：

「再來就是我剛才說到的親密程度。那個親密程度是來自學生對你的信任，你會覺得哇這老師就是可以很自在的聊、很自在的分享，就是啊我發現到了這個然後也會從老師那得到正回饋，讓他又覺得其實發現這東西是一件很棒的事情。」(P3 訪 191206)

從師資生(P3)的回應中，學習的過程需要有良好的正回饋，而回饋正是立基在師與生之間良好的信任關係，這項要素也讓探究與實作課程更好的進行。

對於教師的信任也影響了，當探究與實作的過程中遇到可能連教師都不太把握的情況時，教師對學生所展現的態度，如以下師資生(C1)的回應：

〔受訪者提到教師如何帶好探究與實作的課程〕「萬一真的被問倒，我覺得也是需要，老師的說話方式也要讓學生是能非常信服的。因為有些學生可能就會覺得，阿老師你都不會那你幹嘛來帶我們。可是總有可能會被問倒的時候，那這種時候我覺得老師他表達自己的方式很重要，然後老師怎麼去跟著學生一起去研究出那個被問倒的方向，我覺得這樣也是一個很重要的事情。因為這等於是老師跟學生共同在探究與實作……至少看起來那個老師是沒事的。就會說，『這個問題我也沒想過欸，可是我對於這件事情也很有趣，我跟你一起研究，搞不好真的可以一起研究出什麼東西。』」(C1 訪 191101)

師資生(C1)期待的是，當遇到連老師自己都沒把握的情況時，應該抱持開放的心胸，以正向態度與學生共同迎接未知問題。

而開放的態度除了面對未知的問題，也展現在探究與實作的進行過程中。見以下晤談片段：

〔受訪者提及對於探究與實作的教師要求〕「最低要求就是他不能限制學生太多，就是他要讓學生有自己發展的空間。你給他們一個特定的題目也沒關係，你給他們

特定的資料也沒關係，但至少不應該限制他們解決問題的方法，讓他們自己去思考應該要怎麼解決問題。」(P4 訪 191223)

對師資生(P4)來說，不設限學生在探究與實作時的策略，正是展現教師需要的心態，以開放的態度讓學生發展自己的空間。

2.課程中

將視角從個人身上轉移至課堂中的教師角色時，教師圖像則以教學所設定的目標開始勾勒，如以下晤談片段：

「老師可能要有明確的教學目標，他的教學目標想要讓學生達到什麼、想擁有什麼能力，就可能透過這個探究與實作的過程那學生他可以學到什麼。」(C2 訪 191202)

師資生(C2)指出教師需要先規劃好在探究與實作中要讓學生學到什麼，才能依這個目標去設計他的課程走向。而教師擬定好教學目標後，需以引導的方式來進行教學，如同七位師資生都強調的教師引導式教學。見以下晤談片段代表：

「老師的部分，當然就是你的班級經營要妥善運用，適時的引導學生讓他們進行參與。我覺得老師是一個還蠻重要的角色，因為他必須引導學生進行探究，當一個啟發的角色。不然你光是課程在那邊、學生在那邊你不能讓學生有什麼啟發，他們也可能會像是之前國中高中的實驗那樣子自己在那邊做實驗，但是老師的角色你就是必須要適當的去影響他啟發他，又不能太過專制。」(B3 訪 191218)

如同其他的師資生，受訪者(B3)說出了共同的心聲，教師引導的角色及其重要性，在於探究與實作的過程中，適度的引導，以問題適時的啟發學生但又不能過於仰賴自己的教師權威給予答案。

身為教師，不光只是關注自己的角色，還需要掌握學生的反應與學習狀況，如師資生(GS1)強調的：

「經過之前的探究與實作試教之後，我是覺得經驗在這部份很重要。並不是說你找到一個感覺還不錯的主題上去進行教學(就可以成功)，這是非常天真的想法。應該說你要知道學生會怎麼想，以及你要知道說這個題目如果繼續往下走的話，學生

在討論上面會出現什麼狀況，這些可能都要想到，以及你真正想要把他們帶往哪裡。」
(GS1 訪 191031)

師資生(GS1)表示僅單純一個好的課程仍然不夠，更需要考慮的是在這個主題之下，學生將會如何反應、如何思考，甚至能預期學生有什麼樣的討論狀況，而這是非常仰賴經驗的。

〔受訪者提及教師的在探究與實作的課程中〕會需要具備掌控時間的能力。我覺得最困難就是時間，你要怎麼掌控在一堂課裡面，要給大家探究多少時間呢？我覺得就是要自己先控制好時間，然後依照這個時間你要評估說給大家探究10分鐘，那這10分鐘大概要做些什麼要列出來，不然的話當下看可能也會很混亂這樣，所以大概的步驟是要有的。」(P3 訪 191206)

另外，師資生(P3)指出對於教學者而言，規劃及掌控時間是非常重要的。教師需要明確的規劃一段時間內，目標要讓學生做到那些事情、完成哪些目標。所以這都能與前述的「教師設定明確教學目標」、「掌握學生的反應狀況」互相搭配，對於教學者在課程中都是相當重要的議題。

3.課程外

延續教師個人風格、持有的態度，到課堂中的角色，師資生(C3)也強調了探究與實作基於跨領域的特性，需要有能有合作的夥伴，見以下晤談片段：

〔受訪者接連提到幾個跟教師相關的要素〕「你還要找到幾個可以跟你一起幫助你合作的夥伴。」之前聽○○高中有一個老師講，他弄一個鳥類的網站，跟各個學校的老師合作去完成他想設計的網站，也都找了很多不同領域的像資訊老師來幫忙。所以我覺得如果想搞跨科弄大點就是要有人來支持你，不然一個人弄可能會弄到心力交瘁。」(C3 訪 191209)

師資生(C3)表示探究與實作中的教師要素，也包含需要能與跨領域教師合作的機會，否則一人獨自設計課程將會非常疲累。

(二)學習者圖像

在探究與實作的課程中，師資生也描繪學習者的圖像，包含學習者的背景知識、主動性及異質性分組。

在學習者的背景知識，如師資生(P4)所表示，必須在教學前就能理解學生的先備知識，除了能避免給予一個學生早已知道答案的問題外，也避免給予過難超出負荷的題目。見以下晤談片段：

「要能夠去理解學生目前的能力吧，要先能理解他們先備知識到哪邊……那我們一定要先知道他們先備知識到哪裡，我們才可以給他們合適的題目，不能讓他們早就知道那個題目應該有什麼答案，但是又不能超出他們範圍太多，不然他們會無法負荷。」(訪 P4191223)

除了背景知識需要被特別關注，在探究與實作的課程中，學習者的主動性也被師資生(C4)強調，見以下晤談片段：

[受訪者提及探究與實作的實施中重要的要素]「還有我覺得學生可能要知道，是自己要開始去動腦想，而不就是老師說什麼就是什麼，可能要啟發他去思考。」(C4 訪 191211)

師資生(C3)的簡短回應其實也呼應了學習者主動思考的重要性「也不要養成一直依賴老師，可以自己跟同儕間互相討論而不是第一步就去找老師。」而主動性可能也來自於學生能夠有選擇的權利，能依據自己的興趣選擇想嘗試的主題。如師資生(B2)表示：

「學生能不能選擇是很重要的，因為探究與實作他很像是一個學生可能都需要參加的一個課程。能不能針對這樣的主題，就是他在探究與實作的主題上面有沒有多元的選擇，讓學生變的是選修的能夠讓他篩選說他對哪個主題有興趣，這樣的話，他可能就可以針對觀察到的現象提出自己的想法，變成說學生能夠選擇探究與實作這樣課程裡面有沒有更多元的主題在。」(B2 訪 191127)

在探究與實作的實施下，能不能夠有多元的主題讓學生可以依照自己的興趣去選擇。這是師資生(B2)所期望的，對課程感到興趣的驅使上，才能更主動的觀察並提出自己的想法。

而如同教學者圖像不光只考慮教師本身，學習者圖像也關注學生在學習時與同儕的互動情形。見以下晤談片段：

〔研究者追問是否有較理想的學生分組形式〕「有程度好也有程度差，當然也要他們都願意學習讓一個比較有想法的人帶著他們討論。因為以前的學習過程都是老師教給我有什麼就做什麼，就比較沒有探究與實作多元的想法，可是這邊(探究與實作)就需要老師了解學生的特質安排分組。」(C3 訪 191209)

師資生(C3)說明了依照程度的不同而進行分組的方式，這讓學習者有機會在團體中互相學習，同時也呼應在前述「學習者主動思考」的例子中，不過度仰賴老師，而是先與同儕一起討論學習。

(三)課程圖像

師資生對探究與實作的知覺中建構出教學者圖像、學習者圖像之後，也建構出一個豐富且複雜的課程圖像。課程圖像的構成可以分做主觀要素、客觀要素及內容要素三個成分，以下分述之。

1.主觀要素

將探究與實作的課程視為主體，則課程實施的主觀條件，即課程圖像的主觀要素首先提到，需要有難易適中的課程設計。見以下晤談片段：

「課程的設計(條件)第一個是不能太難。像之前的探究與實作課弄一個主題，○○○老師就說『你們弄得太難了，可以探討東西太多，而且時間有限，又想要跟學生傳達的知識可能太多了。』所以設計的東西我覺得先不要太難，先以自己搞得定為主。因為他沒有規定說你要探究到多深多難，覺得最主要就是讓學生學到一個怎麼做的能力。」(C3 訪 191209)

課程的設計需要精確掌握適中的程度，因為時間的限制，不可能要求學生探討過於深度的主題，也不宜在一個主題之中擺入過多的學習內容。除了學習內容，也需要精確的掌握課程的學習目標，如師資生(B3)所表示：

「因為課程必須要有一個明確的目標，去想說你要帶給學生什麼。你要讓學生探究與實作，是進行探究的部分？還是實作的部分？你不能譁眾取寵用一些很酷、很炫的，就算沒有聽過還是會有興趣的那些有點像煙霧彈的東西來騙學生進入你的課程。有些同行設計的課程是一些實驗像產生爆炸反應，那些東西就是吸引學生的興趣而已，但是你仔細來看他真的在探究與實作嗎？在課程設計上比較在意你進行的這些活動，反而不在意學生的探究跟實作這些內容。」(B3 訪 191218)

有些課程可能在華麗的外裝下，可以透過精彩的活動吸引學生的注意，但當活動結束後反而像煙霧散去不留痕跡，並沒有實質的學習意義。探究與實作若要有學習意義，則必須要清楚課程究竟想帶給學生什麼，目標需要明確。

而課程的實施也需要掌握跨領域的要素，如師資生(GS1)表示：

「因為探究與實作這門課程總不可能侷限在地科，這就太沒有多元的討論。對我來講探究與實作是一個可以結合各式各樣學科的一個課程，那這樣的課程相對來講你就要花更多的時間以及精力，去了解一個現象，去建構、去知道說你要怎麼去呈現這個東西。那知識量相對來講也必須要很多。」(GS1 訪 191031)」

師資生(GS1)強調探究與實作可以結合各式各樣的學科，如此才能有多元的討論，也因此需要花更多的時間去建構自身的知識量。

2.客觀要素

課程圖像中的主觀要素以課程本身做為主體，呈現探究與實作的課程實施需要的條件；客觀要素則將探究與實作放在客體的位置，揭示探究與實作的實施尚需要那些客觀條件的配合。而課程的客觀要素首先有師資生提出的教具配合教學，如以下晤談片段：

〔受訪者提及課程實施的條件中，教師使用的道具也是重要。故研究者追問道具〕
「道具是拿來演示的……如果有道具可以演示，學生就能眼見為憑。沒有道具的話就只能靠想像，但你能相信嗎？你如果真的看到話就會相信。」(P2 訪 191128)

師資生(P2)相信透過道具的演示，能讓學生眼見為憑，也才能讓學生真心相信，對於進行探究與實作而言是重要條件。而另一位師資生(B3)則就探究與實作所使用的材料做出說明。見以下晤談片段：

「其實他(探究與實作)的設計內容實驗材料啊其實可以不用那麼複雜。因為我們探究與實作也希望學生平常在課外時候也會想要進行這些探究與實作，可以自己動手用身邊的材料來作探討，然後自己再回家自我學習或者是延續上課的內容。所以我覺得就是在選取這些材料這些內容的時候盡量不要使用一些太過複雜的東西，你可以用身邊的東西就進行一些探討，所以我覺得讓探究與實作課程的材料在地化簡易化會比較適合。」(B3 訪 191218)

相對於前述例子中的透過道具的演示讓學生能眼見為憑，師資生(B3)則認為學生使用的材料本身也需要簡易化、在地化，這樣的條件不但使探究與實作的課程不那麼艱深，也讓學生能養成隨時用身邊唾手可得的工具探討生活問題的習慣。而除了簡便材料的搭配，另一位師資生(C2)則就學習單的設計也提供了自己的觀點，見以下晤談片段：

〔受訪者在探究與實作的實施條件中提及學習單的設計〕「老師應該要先製作一個學習單，讓學生透過這學習單的每個步驟去組織他們接下來要思考的問題在哪裡，所以那個引導的流程也很重要。那這個流程可能就是藉著學習單的問題來引導。」(C2 訪 191202)

師資生(C2)分享了另一種教具的使用，透過學習單的問題設計，能夠讓學生組織自己的思考脈絡，同時也能呼應教學者圖像中的「教師引導式教學」，讓教師能藉著這個教具。

課程圖像的另一個客觀要素，則是三位師資生都提到的良好評分標準的設計，如師資生(B4)提問到「我不確定這堂課有沒有考試，但如果這堂課要出一些考試的話，要怎麼評量他們？」。其他見以下晤談片段代表：

「老師可能也要有他們的比較良好的評分標準，評分標準是要老師注意，針對這個探究與實作的過程，要怎麼去評量學生到底有沒有學到，或是學生在這堂課有沒有付出、有沒有盡心盡力？然後如果他沒有成果但他很努力，這個評分要怎麼去評？所以老師可能在評分標準上面要做很仔細的思考。」(C2 訪 191202)

師資生(C2)指出評分標準的功能，在於能不能幫老師檢測學生的學習成果，能不能透過有效良好的評分標準，反映出學生在過程中所付出的努力。對於探究與實作的課程圖像也是重要的要素。

另外，師資生(B2)也指出對於探究與實作的課程實施而言，實驗室也是重要的要素，如以下晤談片段：

「還有一個是我覺得是環境的困難。對於環境的需求上，因為如果你要做探究與實作的話，學校勢必給予相應對的環境，比方說實驗室。可是根據剛才多元的探究與實作課程的話〔受訪者意指探究與實作的內容是多元的〕，學校能不能應付實驗室的需求？實驗室夠不夠，或實驗器材上面或實驗設備他能不能應付這樣多元的探究與實作課程？還有他的器具能不能供給這堂課程裡面他們所需要的物品？」(B2 訪 191127)

實驗室做為一個探究與實作實施的場地之一，其中更需要有能讓學生實踐想法的各式器材。只是師資生(B2)憂慮的是，對於內容呈現多元的探究與實作課程，一般學校的實驗室器材能否回應這個需求，指出了對於探究與實作實施的另一重要的條件。

3.內容要素

課程圖像的第三個組成成分為內容要素。在建構出對於探究與實作的教學者圖像、學習者圖像及課程圖像的主、客觀要素後，就足以描述課程圖像中的內容要素。因此接著從師資生的知覺層次，看見探究與實作的課程實施條件有哪些內容要素。見以下晤談代表：

「就第一次是先丟一個主題出來，再來就是可以引導學生去發現問題。他們自己去發現問題，然後自己去規劃或研究這個問題的一些事情，最後就對你們討論出來這些東西做個論證或是建模，最後一組同學可以站起來對大家分享你們所研究的問題發現什麼、你們討論出什麼。」(B4 訪 191220)

師資生(B4)說明了探究與實作的內容，包含起初需要先給予一個主題，或者引導學生自行發現問題，接著著手規劃如何研究問題，針對討論出的東西做論證甚至建模，最後再對其他同學分享結果。

另一位師資生(C1)則就探究與實作的歷程做說明，見以下晤談片段：

「他在最開始上課的時候要先，大概跟學生講說他在這門課可能需要最基礎的知識，至少要讓學生知道有一些底子去做進一步的探究與實作。然後中間就是基本上讓學生各自發想，可是那個老師是要能掌握學生現在的進度跟情況，我覺得這件事情是蠻重要，如果學生有問題的時候，我覺得老師他在這樣的過程中應該要具備引導學生思考的能力，然後盡量去避免給出教師主觀的想法。然後最後我覺得很重要是要讓學生自己去發表出，他們在整個課程當中自己做什麼事情、有什麼收穫，或是他一些額外想要表達的事情。」(C1 訪 191101)

從整個探究與實作的歷程檢視，師資生(C1)說明了實施探究與實作的要素，包括先確認學生的先備知識及課程的知識門檻，再來讓學生發想，且教師需要掌握整個進度及情況，過程中盡量不給予答案而是以引導的方式去思考，最後讓學生發表互相分享。

綜合上述，從師資生的經驗形塑出知覺，建構出探究與實作的教學者圖像、學習者圖像及課程圖像後，至此就能大致描繪出師資生對於探究與實作的整體意象，茲將師資生於經驗課程層次所詮釋的核心訊息整理於下，見圖 8。

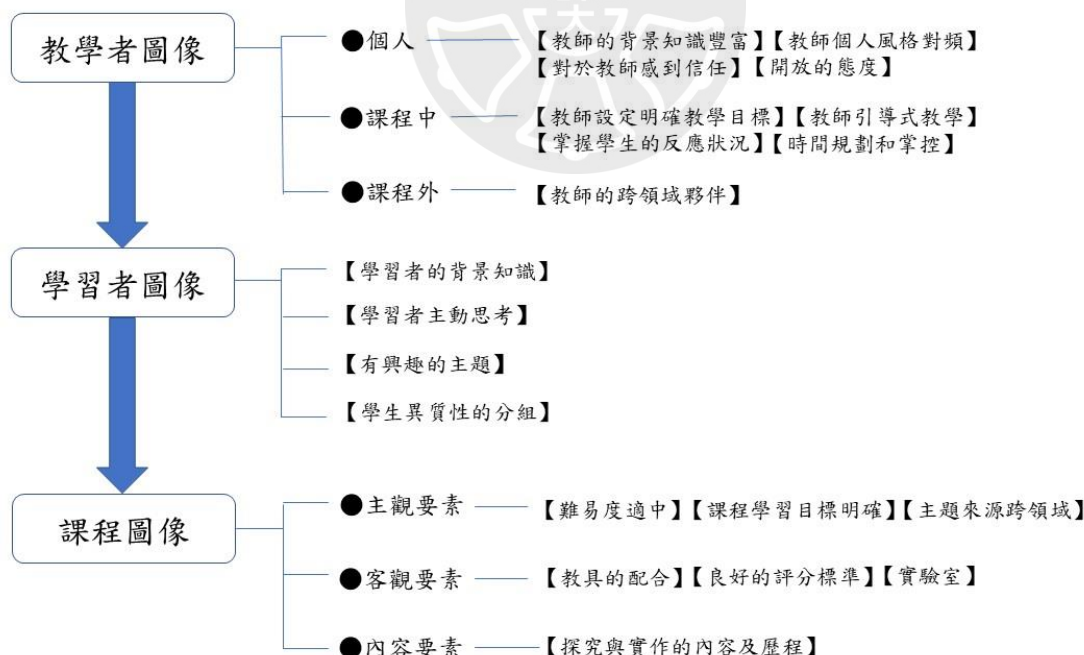


圖 8 教師知覺課程層次圖解

三、正式課程層次

本小節接續前小節所建構的圖像，引入課綱中對於探究與實作的文件，擬就正式課程的層次，陳述師資生所詮釋，對於探究與實作實施時感到困難的地方。結果將分別介紹「發現問題」、「規畫與研究」、「論證與建模」、「表達與分享」四個子類別，描述時並依前一小節以「教學者圖像」、「學習者圖像」、「課程圖像」的脈絡鋪陳。以下分述之：

(一)發現問題

在發現問題的面向裡，大致涵蓋如何引導訂定問題、如何引導觀察現象、如何不先入為主的提出教學者自己的模型觀點而對學習者進行引導。

1.教學者圖像

有三位師資生對於「發現問題」的憂慮在於教學者如何引導學生發展可驗證的觀點，如以下晤談片段代表：

〔受訪者提及「發現問題」的困難之處〕「還要提出可驗證的觀點因為我不知道怎麼教欸！這樣講起來好像是直接講出老師自己的模型，而不是學生自己講出來的模型。所以不知道怎麼引導學生自己列出模型來。」(P2 訪 191128)

師資生(P2)直白的提到，自己不知道該如何引導，讓學生提出可驗證的觀點。而引導的困難同樣展現在發現生活中的問題，如以下晤談片段：

「發現問題是最難教的，因為我們之前傳統的教育太被動了，被動的接受學習知識。現在改入十二年國教的話是要求學生自主學習，要求學生終身學習，所以這個發現問題是跟過去的教學中一個蠻大的區別.....不能用傳統的方式來教學，你必須適時的去引導學生，讓學生發現生活周遭的一些問題。所以這個引導部分跟一些課程設計的部分對老師來講也是會比較有挑戰性的。」(B3 訪 191218)

師資生(B3)指出發現問題的難處在於學生已經長久習慣於過去的被動學習，但在探究與實作中的發現問題階段，較仰賴主動的觀察及形成問題，是故需要教學者的引導技巧。然而，過去的被動慣性不只影響了學生主動發現問題，教師若

也習慣於過去被動地依賴課本教材的教學，在觀察現象也會遇到困難，如同師資生(B4)表示：

「我覺得是發現問題。因為老師平常沒有留意一些新的東西或比較有趣的東西，他可能只專注於他本科的內容，但課本內容就是比較舊阿！平常就不留意了那今天突然給你一個適合主題好了，你還要先提出可以讓同學們學生可以去討論去探究的內容，你必須先給大概的方向，提出值得探討的地方。你已經對這個主題不熟了，然後你還要從這個主題找到一個學生可以出發的點，那可能就是難上加難。」(B4 訪 191220)

由於過去的教學習慣依賴課本，平時也沒有觀察留意新的東西，師資生(B4)指出這讓教學者可能在觀察現象的環節遇到困難，無法熟悉新的主題，也沒有能力覺察該主題中值得探討的點。

2.學習者圖像

發現問題的議題不僅只存在於教學者，師資生(P4)指出對於學習者而言，觀察現象的難處在於對於平常的現象已經習以為常，如以下晤談片段：

「發現問題就是剛有講的，因為他們看到一個情境不一定會去找到問題是什麼，但是規劃研究這邊，他可以直接的針對那個問題去思考我們要怎麼樣去解決問題。就是基本上我們要去解決一個特定的問題不會比找到問題還要難，是因為我們覺得沒事就沒事。我們看到一個東西不一定會去覺得他有問題，只要事情沒有發生變化那就沒有問題。」(P4 訪 191223)

師資生(P4)認為，相對於有具體的問題可以解決，在沒有發生變化的情境中找到該解決的問題反而是困難的事情。然而另一位師資生(B2)則更極端的指出，發現問題是屬於一種天賦，不是能學得來的能力，見以下晤談片段：

「然後發現問題可能是，我自己覺得他是有點像天賦。你能不能發現問題很難透過指導或是引導，讓他去主動的找到這樣的現象，我自己覺得發現問題不是一個學得來的能力，如果是這樣的話，等於說老師可能沒有辦法透過引導或教學去培養學生這樣的能力。」(B2 訪 191127)

師資生(B2)認為發現問題是一種天賦的能力，對於學習者而言不是一種學得來的能力，因此他推論教學者也沒有辦法透過引導來進行教學。相對於前述兩例子認為學習者很難觀察現象提出問題，也有師資生(P2)舉出因為提出太多問題而無法聚焦的困擾，如以下晤談片段：

「一堂課可能會有好幾十個同學，那同學看到問題，可能就會產生出 10 種不一樣的問題……怎麼聚焦在老師想表達的主題上？搞不好老師在備課的時候就自己列出一條想要學生發現的問題，那結果實際上學生沒有看到老師想要的那個問題。」
(P2 訪 191128)

師資生(P2)舉出學習者可能提出過多的問題，反而會讓教學者無法聚焦在原先設定的主題上，且這些問題可能都與教學者原先備課時設想的不同，面對教學上臨時的狀況，讓師資生(P2)感到措手不及。

3.課程圖像

探究與實作以發現問題為整個歷程的起始，而兩位師資生藉此指出在教學上可能是關鍵之處。如以下晤談代表：

「那我自己覺得最難的就是發現問題，因為他也是整個探究與實作課程裡面的第一階段！因為你必須要發現問題，才会有後續的這些操作、這些想法出現，如果你沒有辦法發現問題，或是你對這樣的問題你不感興趣的話，其實後續的操作也沒辦法進行。」(B2 訪 191127)

師資生(B2)指出做為起始階段的發現問題是首要關鍵，在這一步如果沒有結果，則會影響後續的操作。因此他的難並非如前述其他例子是內容上的難，而是程序上的關鍵之處，做不好則會影響後續的進行，是為一難處。

以上小結，在發現問題的面向上，師資生共提及了「觀察現象」、「形成或訂定問題」、「提出可驗證的觀點」、「沒天賦學不來」及程序上的「萬事起頭難」。

(二)規畫與研究

在規畫與研究的面向裡，大致涵蓋如何引導擬定研究計畫、如何引導尋找變因條件、如何引導進行資料的蒐集與紀錄。

1.教學者圖像

有五位師資生皆強調規畫與研究對於教學者是難在引導的部分，如以下晤談片段代表：

「我覺得最關鍵也是比較難去引導的可能是規劃與研究這個部分。因為老師的腦袋裡可能也只有兩三個過程跟想法，但是他不知道說學生到底能不能創造出其他的想法，所以我覺得這個這個部分是比較難引導，因為老師畢竟也是老師，所以他的腦子可能已經被一些知識固化了。我就是需要這些知識、這些研究的方法或是過程(才能完成研究)，他可能在引導學生時會偏向那邊，但他可能會希望學生會有一些新的想法和新的過程，或是擬定新的計畫拿去做研究。所以我覺得個部分是對老師、對學生都會比較困難的點」(C2 訪 191202)

師資生(C2)與其他四位師資生皆認為，教學者會固著於自己原先的想法，無法跳脫被制約的研究框架，而面對學習者可能提出的方向時，又可能不自覺的將想法引導至自己原先的設計。以師資生(B2)的話來說「那這時候老師可能就會受到挑戰」，因此如何引導依然是重要的議題，關鍵可能是教學者能不能站在學習者的角度給予建議。

而同樣關乎引導的議題，在規畫與設計階段中的尋找變因則被師資生(C1)認為是個難題，見以下晤談片段：

「我覺得比較難的可能是規劃與研究這個部分，因為我主要是看到要找變因跟條件這塊。像我現在想到的就很多我已經知道他的變因或影響結果，可是當一個老師如果要去引導學生思考說，他很難去跟他說就是溫度影響它的啊，或是什麼影響它，這樣就會變成直接給他一個正確答案。而且就是我覺得變因是一種比較少數的東西吧？因為我們現在知道的變因也沒有到非常多，所以如果要學生自己去想一個變因或是條件，我覺得這在某些程度上會對於老師來說會是一個蠻困難的事情。因為老師可能有點難去表達說，要怎麼引導學生去思考它的變因可能有哪些，因為我覺得講著講著，很容易就不小心就把可能的變因都直接講給學生聽了。」(C1 訪 191101)

師資生(C1)提到當與學習者討論變因時，很可能就將已知的變因說出口，加上他認為變因是少數、且自己也知道不夠多，因此在引導上可能會遇到很大的挑戰。而此憂慮與前述例子「擬定研究計畫：教學者如何引導」其實也有相關聯，皆是源自於教學者可能受制約於本身固有的知識，無法跳脫原先的框架去引導學習者，甚至根本不知道如何引導。

2.學習者圖像

關注焦點轉移至學習者圖像，師資生(C2)提到規畫與研究的難處是在於學生不知道如何進行規畫，如以下晤談片段：

〔研究者問及探究與實作哪個面向最難教〕「我覺得規畫與研究，因為規畫與研究是，你要針對想要知道的問題去擬定研究計畫跟進度，所以在擬定研究計畫這個部分，可能是對學生來講比較困難的一點。因為他可能只知道問題是什麼，但可能還沒有任何想法說我要怎麼去做計劃跟規劃。」(C2 訪 191202)

師資生(C2)表示擬定研究計畫對於學習者的困難是在於，學生可能只知道問題在哪，但不清楚如何做計劃及規劃回應自己的研究問題。而這論點正好與師資生(P4)相衝突「就是基本上我們要去解決一個特定的問題不會比找到問題還要難」，在同樣一件事情皆詮釋了不同的難處，各自都有其意義存在。

對於學習者而言，在探究與實作的過程中該蒐集哪些實驗資料，也是一件困難的挑戰，如師資生(C1)的晤談片段：

「可能學生沒有辦法知道說怎麼樣去記錄比較好，因為有些東西他可能不會是一個數值，他可能是一個現象或是你要去描述他，但學生可能抓不到該怎麼描述比較好。像是，我們之前上課的時候是帶那個鑑識科學，他就講到說血跡的噴濺，然後他會有還蠻多不同的構型，像是血跡的噴濺可能會有垂直下來的形狀，他們可能沒有辦法那麼明確的去描述它，然後去把它做一個比較有系統的分析。所以我會覺得這邊的資料蒐集會比較困難……我覺得這邊的話可能就只能讓學生多去做，然後多去收集，他們才會知道說怎麼樣紀錄會比較好。而且因為實驗的表格其實也蠻難設計的，我自己覺得。」(C4 訪 191211)

師資生(C4)對照自己過去的課堂經驗舉出，蒐集資料在一些情境裡會遇到困難，尤其不是以數值的方式來記錄資料的時候，在描述、紀錄都是比較困難的，而記錄這些數據的實驗表格該如何恰當的設計同樣是不容易，只有多做、多紀錄才有機會更好。

以上小結，在規劃與研究的面向中，師資生共提及「尋找變因或條件」、「擬定研究計畫」、「收集資料數據」。

(三)論證與建模

在論證與建模的面向裡，大致涵蓋如何引導建立模型、如何引導進行解釋及推理、學習者的背景知識條件、論證中的相關教材等。

1.教學者圖像

相似於在發現問題及規劃與研究的面向，引導對於論證與建模依舊是個很重要的議題。兩位師資生點出這個困難，見以下晤談片段：

「論證與建模是必須要組織你的數據、數據之間的相關性，推測原因可能可以引導出這個建模。我就是那時候做了一個偏振片的實驗，要找到跟 $\cos$ 平方成正比。他的光強度跟 $\cos$ 平方成正比，然後我就想說大家會想到 $\cos$ 嗎？但是老師有慢慢引導，就說他的週期性跟 $\cos$ 有關係，那我要怎麼樣下一步引導說，要怎麼引導到他可能是 $\cos$ 平方？那我覺得可能取決於我的能力問題，所以我也覺得比較難或說我不太知道怎麼引導。」 (P3 訪 191206)

師資生(P3)先詮釋了自己理解的建模，接著對照過去在課程中的經驗，他認為困難在於不知道該如何引導出 $\cos$ 平方的模型。他先是疑惑大家能聯想到 $\cos$ 嗎？接著再思考如果已經知道週期性與 $\cos$ 相關，那接著又該如何引導至 $\cos$ 平方的模型。

而當教學者在如何進行解釋和推理的部分時，往往也是師資生認為困難的地方，見以下晤談片段：

「我覺得困難是在論證與建模這邊的解釋和推理.....例如說學生已經探索到一個部分要開始把他們探索到的東西做出結論時，老師需要幫學生討論出來的東西做解釋，像是說明他們為什麼這樣子歸納、這樣做出結果。而在分享的時候若學生遇到困難，老師必須要幫忙做出解釋，讓其他學生去更了解，但如果那個主題他沒有很熟悉的話，也是比較難去做出解釋。」(B4 訪 191220)

師資生(B4)認為教學者會在學生討論到一個階段時，站出來幫學生的歸納或建模過程做解說。同時也有責任在學生遇到困難時去幫忙解釋，但也有可能遇到自己不熟悉的主題，導致自己也面臨無法解釋的困境。

2.學習者圖像

論證與建模對學習者而言是困難的，四位師資生都提到了這個困難是來自於背景知識的充足與否。如以下晤談代表：

「第二個難的會是在論證與建模這邊，因為他們得到數據之後，可能會只知道說數據會是長這樣，但是他們沒有辦法再去整理出來，因為像是有一些數據他可能不是第一眼就可以看出來。他可能會經過一些數學的運算啊，或者是畫完整張圖說他才能知道說這之中的規律，或是他有一個在處理過後才能得的問題解答，但是他們不會處理這件事情.....我覺得困難的地方是在於說他們要把自己所收集到這些資料和他們學到的一些背景知識把他相結合，就是他們要有明確知道那些理論，然後把他套用在這些數據上面的話他應該會是怎麼樣的呈現模式才能去解決我的問題。」(C4 訪 191211)

師資生(C4)認為對於學習者而言，要學習從數據的背後解讀出變化趨勢可能是困難的，甚是會需要數學工具才能解讀其中蘊含的意義；另一困難之處在於需要仰賴背景知識，才能結合數據套用來呈現模型。而師資生(P1)採同樣的理由，並認為論證與建模是相當專業的技能，見以下晤談片段：

「因為論證與建模通常就是研究科學的一些專業人士在用的，他們對於這個論證與建模，相對於一般人來講是比較專業的，他們已經非常了解就是這樣的一個的科學方法，所以如果以一般學生來講的話，他們可能就只知道就是提出問題、發現問題、然後規劃研究，那他們就會卡在就是要怎麼去用實驗所得到的結果，去做一個推理，去對一所做的東西去做分析這樣，他們會比較容易卡在這個方面。」(P1 訪 191108)

師資生(P1)接續著需要大量背景知識的觀點，且一進一步提出論證與建模是一種專家知識，學生自然不易學會。

3.課程圖像

除了上述從教學者及學習者的角度觀之，也有師資生(B3)提及論證的困難在於沒有適合的教材可以搭配教學，見以下晤談片段：

「論證與建模是比較困難的部分，因為傳統的教學上，論證與建模的話就是直接授課式的教學，讓學生知道這個理論是怎麼形成的，這個模型是長什麼樣子。但是我們探究與實作內容，是比較以學生為主的，所以他必須自己去發現這個，自己去尋找論證與建模的過程，那這樣對教學來說是比較困難的。而且這方面的教材比較難教，應該說一個好的教材比較少，缺少比較完整的教材跟一些好的教材可以讓學生進行這方面的訓練跟學習。」(B3 訪 191218)

師資生(B3)先比較在過去的教學上是以較被動的形式灌輸學生理論及模型，相較於探究與實作強調以學生為主體，對學習者而言自是一大挑戰。基於以學習者為主體的前提，缺乏適合的教材讓學生可以進行這方面的學習。

以上小結，在論證與建模的面向中，師資生共提及「解釋和推理」、「建立模型」、「背景知識」、「論證的教材」。

(四)表達與分享

在表達與分享的面向裡，大致涵蓋如何使學習者能切中的提出評論，以及教學者如何有效抓住學習者所表達的重點。

1.教學者圖像

在表達與分享中，師資生(P2)表示自己的擔憂為無法抓到學生表達的重點，如以下晤談片段：

「最後的結論，因為老師需要總結學生作出來的結論，但我可能就是怕我自己聽不懂學生在講什麼，就是沒有 catch 到學生的觀點這樣子。」(P2 訪 191128)

對於師資生(P2)而言，自己聽不懂學生在講什麼，以至於無法總結學生的結論，這點為他在表達與分享造成困擾。由於探究與實作的課程性質並非屬於高度結構化的，也不容易在課前就可以預測到所有可能發生的結果，因此對課程的低掌控性就可能對師資生也是一種挑戰。

2.學習者圖像

另一處的挑戰在於如何才能讓學生有適度且切中的評論，這是師資生(C1)在表達與溝通面向所關注的，見以下晤談片段：

「覺得還有評價與省思，這個是比較精神層面的嗎？因為我覺得這個算是一個長期下來養成的能力。舉例來說好了，生活上有還蠻多可以評價的機會嘛，像是一道食物好不好吃啊，然後一個人穿著好不好看。可是像我剛剛都只是好不好吃好不好看，實際上我覺得評價這一塊其實是可以更具體更細部的去描述，但有時候我們就會忽略掉評價與省思這一塊。所以有時候我們就會覺得，噢他報告很好啊，台風很穩講的很流利，可是就有沒有更詳細一點的說法。我覺得這都是需要慢慢去培養的，有點難讓一個老師在一個學期的課程就讓學生真的看見他明顯的進步，所以這塊是我覺得倒沒有到非常非常難，可是就會需要花時間才能去看到學生的進步。」(C1訪 191101)

師資生(C1)從平常生活中的例子觀察到，一般在評論的言語及深度相對膚淺，甚至在學習上的評價也只容易看到表面的形式，無法更切中要害。於是在一個學期有限的時間內，就很難讓學生可以培養出適度且切中的評價。

3.課程圖像

在前例點出了時間的因素讓學生無法培養有效的評價能力，另一位師資生(GS1)表示課堂時間的限制，也不足以讓學生有充分表達想法及溝通的機會，見以下晤談片段：

「溝通這點，這的確是很難。因為一個人就有一個想法，但課堂上的時間也許不夠多，可能就要有所取捨。這樣子的話我還沒有想到一個比較好的解決方式……因為時間不夠多，所以一方面也會讓他們溝通分享過程被壓縮到。例如說，某一個同學講完之後，其他同學認為他講得很好，但時間快到了，就會選擇不再去表達自

己的想法這樣，就用他這樣的想法就 OK。我覺得如果是時間上面壓縮的關係的話，很可能變成這樣。」(GS1 訪 191031)

師資生(GS1)表達了時間的限制影響了學生在溝通的品質，而也同時剝奪讓同儕表達不同觀點的機會。

以上小結，在表達與分享的面向中，師資生共提及「無法抓到學生表達重點」、「評價與省思」、「時間的限制」。

綜合上述，從師資生對探究與實作的正式課程層次分析中，能窺見實施課程所遇到的挑戰，而從教學者圖像、學習者圖像及課程圖像觀之，則能更進一步理解師資生在探究與實作挑戰背後的原因。茲將師資生於正式課程層次所詮釋的核心訊息整理於下，見圖 9。

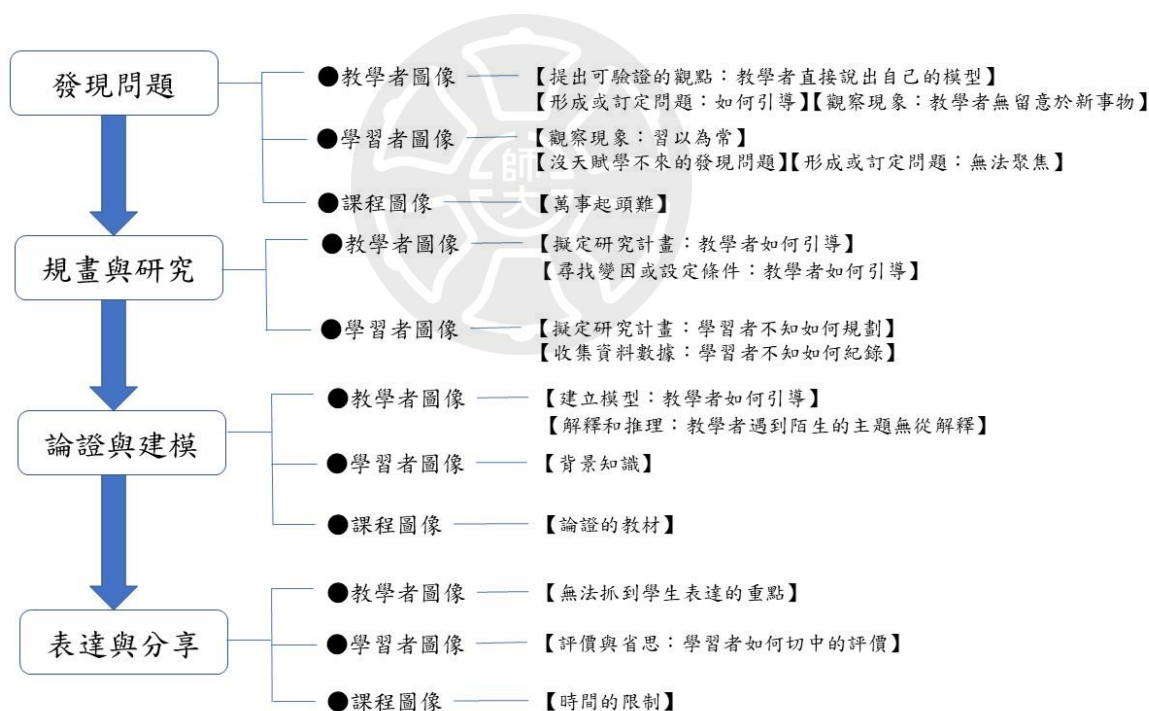


圖 9 正式課程層次圖解

第三節 探究與實作的專業需求

本研究關注的第三個的研究問題是，師資生在探究與實作的詮釋中表達了何種專業需求？本節將以詮釋做為基礎，於第一次小節採取 Klein 與 Goodlad (1978) 課程決策層次中的知覺層次與正式課程的差距，先探討並挖掘師資生對探究與實作的潛在需求；第二次小節以潛在需求為基礎，綜合整體師資生的詮釋及意象，介紹師資生在探究與實作中的四種角色及對應的九種專業需求。以下分述之：

一、從知覺課程與正式課程的差距中挖掘對探究與實作的潛在需求

黃光雄與楊龍立(2000)基於 Klein 與 Goodlad 的課程決策分析層次，認為各層次之間存在著間隙(gap)，從理念課程到最後的學生經驗課程往往會出現不一致。於是兩位學者基於此觀點，建議應該從課程各層次間的差異去看待如何改善課程。而研究者依循此觀點作為分析的框架，並試著從知覺課程層次與正式課程層次的差異中，挖掘師資生對於探究與實作的潛在需求。具體而言，研究者將從另一視角切入師資生的知覺課程層次及正式課程層次，建構出兩邊的「教學者圖像」、「學習者圖像」、「課程圖像」，然後再使彼此的圖像進行對話，以形成新的視框並重新檢視師資生的詮釋，進而探討對於探究與實作的潛在需求。

(一)教學者圖像

根據前小節師資生對與探究與實作在知覺課程層次及正式課程層次的差異，研究者摘述整理教學者圖像於表 15 如下。

表 15 教學者圖像

教學者圖像	
知覺課程層次	正式課程層次

一、個人

1. 教師的背景知識豐富
2. 教師個人風格對頻
3. 對於教師感到信任
4. 開放的態度

二、課程中

1. 教師設定明確教學目標
2. 教師引導式教學
3. 掌握學生的反應狀況
4. 時間規畫和掌控

三、課程外

1. 教師的跨領域夥伴

一、發現問題

1. 提出可驗證的觀點：直接說出自
己的模型
2. 形成或訂定問題：如何引導
3. 觀察現象：無留意於新事物

二、規畫與研究

1. 擬定研究計畫：如何引導
2. 尋找變因或設定條件：如何引導

三、論證與建模

1. 建立模型：如何引導
2. 解釋和推理：遇到陌生的主題無
從解釋

四、表達與分享

1. 無法抓到學生表達的重點
-

從表 15 可見，在正式課程的層次中，多次被強調教學者如何引導的議題，從探究與實作中的發現問題、規畫與研究、論證與建模均被提及，而同時在知覺層次中，也能看見在課程中需要教學者掌握引導式的教學，從這裡能挖掘出「教學者如何引導」對師資生是非常強烈的潛在需求。

此外，在正式課程層次中，因為教學者無留意於新事物而讓觀察現象的教學變得困難，與論證建模中因為遇到陌生的主題無從解釋，這都能與知覺層次的背景知識豐富能對應，也可視為師資生的潛在需求。

另外，知覺層次中也提及了包括教學者的個人風格、開放的態度、與學習者之間的信任關係，這在正式課程層次中也能影響到學習者的表現。而課程中的教學目標、掌握學生的反應狀況及時間控制等，也都能促進更好的探究與實作課程進行。而藉由與不同領域的專長背景教學者共同備課，則讓教學者可以更豐富課程內涵，這些也都可視為師資生對探究與實作的潛在需求。

(二)學習者圖像

根據前小節師資生對與探究與實作在知覺課程層次及正式課程層次的差異，研究者摘述整理學習者圖像於表 16 如下。

表 16 學習者圖像

學習者圖像	
知覺課程層次	正式課程層次
1. 學習者的背景知識	一、發現問題
2. 學習者主動思考	1. 觀察現象：習以為常
3. 有興趣的主題	2. 沒天賦學不來
4. 學生異質性的分組	3. 形成或訂定問題：無法聚焦
	二、規畫與研究
	1. 擬定研究計畫：不知如何規劃
	2. 蒐集資料數據：不知如何紀錄
	三、論證與建模
	1. 背景知識
	四、表達與分享
	1. 評價與省思：如何切中的評價

從表 16 可見，學習者的背景知識在正式課程及知覺課程均被強調，若沒有好的背景知識，在探究與實作的課程中可能很多地方都會遇到困難，對師資生而言是個潛在需求。

此外，學習者的主動思考及有興趣的主題，也是能否展開探究與實作的關鍵，如主動思考的特性才能打破習以為常的慣性，讓自己能找到尋常之處的不常。而異質性的分組，則讓學習者在探究與實作的過程中，能有更多元的對話、討論及

合作，如評價與省思中，則可能激盪出更不同且切中的評價。對師資生也視為潛在需求。

(三)課程圖像

根據前小節師資生對與探究與實作在知覺課程層次及正式課程層次的差異，研究者摘述整理課程圖像於表 17 如下。

表 17 課程圖像

課 程 圖 像	
知覺課程層次	正式課程層次
一、主觀要素 1. 難易度適中 2. 課程學習目標明確 3. 主題來源跨領域	一、發現問題 1. 萬事起頭難
二、客觀要素 1. 教具的配合 2. 良好的評分標準 3. 實驗室	二、規畫與研究 -- 三、論證與建模 1. 論證的教材
三、內容要素 1. 探究與實作的內容及歷程	四、表達與分享 1. 時間的限制

從表 17 可見，知覺課程層次中的客觀要素如教具，也可能是一種論證的教材，師資生對於探究與實作的實施可能還沒有累積太多的經驗，因此教學上若有教具或教材則能更得心應手，可視為師資生的潛在需求。

而評分標準的設置，則關乎探究與實作的成效為何，能不能找到學習者學習的證據，同樣對於師資生是重要的課題。而學校實驗室的器材，能否很好的搭配

探究與實作的內容，回應主觀要素中的跨領域的主題來源。也可視為對探究與實作的潛在需求。

綜合以上教學者圖像、學習者圖像及課程圖像，研究者首先嘗試探討挖掘師資生對探究與實作的各種潛在需求，有包括教學技巧方面、個人風格心態面、背景知識專業知能、對學習者的狀況掌握，或者教學進行中所使用的教材等。然而為了更進一步的點出其具體的專業需求，研究者需再將潛在需求互相揉合，並試著從中抽絲剝繭出不同的角色及其所對應的更細膩的需求。將於下一個小節繼續介紹。

二、對探究與實作的專業需求

延續前一小節，研究者從課程知覺課程層次與正式課程層次的差異，建構出教學者圖像、學習者圖像與課程圖像，並透過兩邊的對話形成新的視框以此重新看待師資生對探究與實作的詮釋與意象，在初步挖掘出潛在需求後，本小節將接續介紹從潛在需求揉合出更細膩的專業需求。

研究者從潛在需求挖掘出四個不同的角色及其對應的需求，並同時以晤談做為依據論述師資生對探究與實作的專業需求。以下介紹的九個專業需求分別是：(一)以學生的角色體驗探究與實作；(二)以職前教師的角色修習過探究與實作；(三)以職前教師的角色對探究與實作觀課；(四)以職前教師的角色設計過探究與實作；(五)以職前教師的角色體驗跨領域的共同備課；(六)以教師的角色操作過探究與實作；(七)以教師的角色評量探究與實作的學習證據；(八)以教師的角色反省探究與實作的教學；(九)以人的角色體驗探究與實作的生活。

(一)以學生的角色體驗探究與實作

師資生對探究與實作的需求，可能需要換位思考，以一名學生的角色去體驗探究與實作的課程。如師資生(C2)的晤談片段：

「我覺得就是如果學校真的有開一門教探究與實作更好，讓我們也體驗一下探究與實作的感覺是什麼。這樣我們有當過這個過程的學生，我們可能會比較知道說學生到底缺少了什麼。就是你要換位思考，你是師資生的時候，你設計(的教案)你可能覺得設計的很完美，但是學生可能不見得這樣想啊，學生就覺得說你這個點我也覺得很奇怪啊！如果說我們有真的當過這樣子課程的學生的話，這樣對我們在設計方面可能會更有幫助吧。」(C2 訪 191202)

師資生(C1)期望學校能開一門真正的探究與實作，並強調如果能經歷這個過程，將會更知道學生在這門課的需求，因為如果站在設計者的角度總會覺得自己的設定是完美的，但如果沒有換位思考，在設計課程時則可能產生盲點。

(二)以職前教師的角色上過探究與實作

師資生需要以職前教師的角色去修探究與實作，才能在課程中得到足夠的相關訊息，正如師資生(C1)提到的：

「我覺得我其實接收到探究與實作的訊息蠻少的。我不知道是師培生應該要自己去研究嗎？還是其實是真的該另外開一個課程給探究與實作。所以我覺得對於探究與實作，很多都是我自己從過去上課，然後一些比較沒有那麼正式的過程去理解的。」〔研究者有追問受訪者對探究與實作的了解源自何處，但僅得到來自課堂的回答。故研究者推測所謂沒那麼正式的過程可能來自於同儕或網路等管道〕(C1 訪 191101)

對於新課綱的實施而言，探究與實作扮演關鍵的角色。透過訪談也得知師資生對於探究與實作是有信心能達成素養導向的目標，符合十二年國教的精神。只是如此重要的探究與實作對師資生而言，卻只能從單一堂課獲取，訊息的來源究竟是真的乏善可陳，是師資生們沒有很好的利用校內資源，又或者是校內的資源宣傳管道不力，可能又是另一議題。儘管如此，這門課程確實能帶給師資生理解探究與實作的重要基礎，如師資生(C1)表示：

「我覺得我要好好研究探究與實作這張(盯著那張課綱)。它的那些內容有什麼。就盡量去達到吧，畢竟這是一個還蠻算是模板嗎？讓我們去做探究與實作。所以我覺得解釋名詞這件事情就是，可能我對於探究與實作，看到它字面上我都有會

一套自己的解釋方式，可是這畢竟是我自己的想法，所以還是需要知道說，專家他們討論出來的探究與實作到底是應該要有怎麼樣的呈現效果。」 (C1 訪 191101)

師資生 (C1) 認為來自於課綱中的探究與實作學習內容是應該好好學習研讀的內容，而這也應該是每位師資生在修過探究與實作之後有的基礎認知，才能在這個基礎上繼續構築自己對於探究與實作的理想藍圖。除了探究與實作的內容之外，也需要能很好的與本科搭配，如師資生 (B1) 表示：

「受訪者提及生物科較難實施探究與實作，研究者追問其原因」「就比較難...我也不知道怎麼講。應該比較是因為之前聽的課程是物理課的（受訪者所修的探究與實作課是由物理系的教師開設），然後物理它比較多可能操作變因，那些可以調控的地方，然後比較簡易操作。那我覺得生物科在這個地方比較難去做操控，就你很難控制植物怎麼長，或是植物長大需要一定的時間去做觀察之類的，或是有些問題你很難去找到答案，就畢竟可能連，你知道比較有能力的科學家都還沒有找到那些答案。」 (B1 訪 191102)

師資生 (B1) 受到所修的課程特性影響，導致自己較不熟悉本科生物領域的探究與實作可以如何進行。他認為植物的變因可能相對於物理是無法輕易操弄，這也進一步局限他對於探究與實作的畫面及想像。

目前臺師大在探究與實作的課程制度安排，已經於 108 學年度開始改變，由原本開設在教育議題專題的形式，回歸各自科系分科分領域的教授。因此回歸學系的專業上，也許就能解決師資生 (B1) 所面臨的困難，只是當課綱中以及訪談時師資生所知覺的課程圖像，兩者皆強調的跨領域精神時，在臺師大現行體制的分科分領域教授下，探究與實作是否還能把握跨領域的精神又是另一個課題了。

至於以職前教師的角色修習探究與實作還需顧及課程內的跨領域屬性，則如師資生 (GS1) 的晤談片段：

「因為探究與實作這門課程總不可能侷限在地科，這就太沒有多元的討論。對我來講探究與實作是一個可以結合各式各樣學科的一個課程，那這樣的課程相對來講你就要花更多更多更多的時間以及精力，去了解一個現象，去建構、去知道說你要怎麼去呈現這個東西，那知識量相對來講也必須要很多.....就是你必需要去很認真的

去拓展你的課外知識，因為這些課外知識，並不是老師上課的時候會教給你的東西。你可能要不停的去參加工作坊、研討會，才可以有機會去做出一個比較好的探究與實作課程。」 (GS1 訪 191031)

師資生 (GS1) 表示了探究與實作的課程需要跨領域，結合各式的課程進來才能產生多元的討論。也因此他提及在知識的準備上也是需要付出很多心力，才能準備好探究與實作的課程。

綜合以上的晤談片段，師資生需要以職前教師的角色修習探究與實作，除了學習探究與實作的相關資訊、學習內容外，也包括需要有搭配本科甚至是跨領域的探究與實作經驗。

(三)以職前教師的角色對探究與實作觀課

師資生需要以職前教師的角色對探究與實作進行觀課，見以下晤談片段：

「啊我自己是沒有親身去體驗過探究與實作課程，除了這間學校的之外(指受訪者透過教育專業課程探究與實作的機會所觀課的學校)，就是在教程課裡面所接觸到的。我剛才講的意思就是沒有實際接觸到在國高中階段的探究與實作，像我去觀課也很少去碰到探究與實作的課程。」 (B2 訪 191127)

師資生 (B2) 不曾以學生的角度體驗過探究與實作的課程，因此希望藉著觀課的機會能見到實施探究與實作的現場情況。然而他卻也觀察到，除了在教育專業中的探究與實作課程，並沒有其他課堂之外的觀課機會。這表達了師資生需要被提供更多對探究與實作的觀課機會。而另一位師資生 (C4) 則從自己在教育專業探究與實作觀課的體驗中，分享他在觀課時收穫到的經驗，如以下晤談片段：

「因為我們自己目前還沒有實際帶過學生參與探究與實作這塊，所以會覺得說好像沒有那麼容易，而且之前也有寫過這類的教案。然後那時候我們的指導老師就讓我們去實際的看他上課的過程，那時候是在帶一個營隊，那他就是用探究與實作的方式去帶他們，然後他就帶我們實際到現場看他上課。就會發現說不能直接給學生一個明確的答案，而是要用引導的方式其實是蠻有難度的！或是有些學生他可能就會提出滿天馬行空的想法，但是也不能直接否決他，可能要問了更深或是問到一個根源，就他可能是基於哪一個你想要的答案，所以才會說出那個天馬行空的想法，

你可能就是要問到你要的那個答案，要適時的把它引導回來。我覺得那邊很困難。」
(C4 訪 191211)

師資生(C4)觀課時，他看到探究與實作中的教學者是如何引導學生，也讓他看到當遇到學生所提出的各式各樣問題時，可以如何適當的回應，將學生引導回正確的方向。這是一個能體驗到教學者如何教及學習者如何學的寶貴經驗，對師資生而言是非常需要的。

綜合以上晤談片段，師資生需要被提供更多觀課探究與實作的機會，才能在觀摩的過程中，學習一位教學者是如何進行探究與實作的教學，也能觀察學習者是如何進行探究與實作的學習。

(四)以職前教師的角色設計過探究與實作

對師資生而言，設計探究與實作的教案也是非常需要的，見以下晤談片段：

「那門課找了還蠻多，在自然科探究與實作方面都有很傑出表現的老師回來給我們上課。可能是他的心得分享，或是實際帶我們體驗的課程，都對我們學習探究與實作有幫助。然後在寫教案的同時也有老師的指導，就這一步步的引導其實我覺得很重要，因為他們可以很直接點出說你這裡可能太直接，或可以改用哪些其他你不知道的方式，或是不同的活動模式去讓學生進行，然後可以得到更好的效果然後。他也補足了我們在這方面認知上的不足。」(C4 訪 191211)

師資生(C4)在課程中因為有指導教師協助，在撰寫教案的過程能得到非常細膩的回饋，能以指導教師豐富的經驗來指出，在哪些關鍵處可能會讓學生遇到困難，或者還能有什麼比較好的教學策略。

教案的撰寫過程，對每一位師資生來說都是必經的訓練過程。而探究與實作不同於以往的自然領域學科，在教案的設計上確實需要花費更多的力氣。因此，對於師資生而言，不但需要有設計探究與實作教案的經驗，過程之中若能有一位資深有經驗的教師能指導，則能師資生的學習更加順利。

(五)以職前教師的角色體驗跨領域的共同備課

師資生也在探究與實作的過程中，有與不同領域的人合作、對話的經驗，如以下的晤談片段：

〔受訪者提及自己在課堂中有跨科合作設計教案〕「讓我知道自己第一步跟我其他組員去設計的東西可能需要再怎麼修改，或是知道說，我未來在跟其他人跨科合作時可能要怎麼做，因為那時候跟生科系合作，就知道我們化學系跟他們有些想法不太一樣。」(C3 訪 191209)

師資生(C3)在設計教案的階段，有過與不同領域的人合作的機會。正是在這個過程中，他體會到不同背景的人會帶著不同的觀點或想法，因此在合作的時候就會因此需要調整。也讓他知道下次可以如何與不同背景的夥伴進行跨領域的合作。

跨領域的共同備課需要被強調，不僅是因為探究與實作的特性，同時也是實務上可能會遇到的挑戰，正如師資生(B4)所關注的：

「現在不是主打說共同備課，因為(探究與實作)要跨科，所以老師必須要跟其他老師做討論，有共同備課的能力。而且你不可以對你要跨科對象的那個領域真的很不熟，你必須要稍微了解但也不用說全部都熟。你要熟的地方就是你要跨的地方要熟，因為下面學生來問你，他不一定是問到那個跨科老師。比如生物和化學這兩個常常跨，那跨了之後可能學生問的是化學但那堂課是你上，那你要怎麼去解決？所以你要熟悉那一章節那個主題的相關化學的能力知識，要非常具備跨科的能力。」(B4 訪 191220)

師資生(B4)點出，共同備課不僅因為探究與實作的內容需要跨科，也是因為當跨科合作進行授課時，很有可能會遇到來自學生的問題。而師資生(B4)就指出，學生可能不會分老師是哪個領域的背景，就只提問他所遇到的問題，然而這時候若授課老師只懂自己領域的知識，可能會很難解決學生的提問。

綜合以上兩位師資生在跨領域的需求，指出跨領域不僅只存在於不同領域背景的教师夥伴進行合作，也在於合作過程中的調整及對話，甚至當來到教學現場面對學生時，也需要有跨領域的背景知識才能回答提問。

(六)以教師的角色操作過探究與實作

在設計完探究與實作的課程之後，師資生也要有實際操作課程的機會，因為這個過程能讓他們獲得最重要的經驗。見以下晤談片段：

「因為我們自己目前還沒有在實際帶過學生參與探究與實作這塊，所以會覺得說好像沒有那麼容易。」(C4 訪 191211)

師資生(C4)指出，他之所以覺得探究與實作是困難的，最主要是因為沒有實際帶領學生的經驗，而另一位師資生(C2)也同樣強調了這個觀點：

「我覺得如果有一個能夠實際實施的現場，就像剛說的除了你可以當個學生去看學生的角度，然後另外就是你要有經驗，因為我們現在接受都是有經驗的老師，他告訴我們要怎麼做但是我們就是缺少經驗啊。」(C2 訪 191202)

師資生(C2)指出，在課堂上已經有資深的教師可以教導探究與實作的教學，然而對於師資生來說，更需要的則是實際帶領學生操作探究與實作的經驗，透過經驗才能實際了解自己尚缺乏的部分，透過經驗也才能累積屬於自己在探究與實作上的教學能力。

對於師資生的訓練來說，教案設計幾乎是必要的過程，而設計完教案之後，則會有試教或實作的機會。例如師資生(GS1)在設計完探究與實作的教案之後，有把全班當教學對象進行試教的環節，而師資生(B4)的設計雖然是跨整個學期的大規劃，最後階段也僅提供其中一小部分的單元做試教。但儘管有試教的部分，這離實際的學生經驗反應依然是有很大的差距，正如師資生(GS1)所強調的試教與實際經驗上的差距，見以下晤談片段：

「經過之前的探究與實作的試教之後，我是覺得經驗在這部份很重要。並不是說，你找到一個感覺還不錯的主題，就上去進行教學，這是非常天真的想法。應該說是，你要知道學生會怎麼想以及你要知道說，這個題目如果繼續往下走下去的話，學生在討論上面會出現什麼狀況，這些可能都要想到。以及你真正想要把他們帶往哪裡，這也是一個很重要的地方。這些都是我覺得很吃經驗，因為每個班特色都不太一樣，你要怎麼去讓這課程在這個班裡面，讓它像催化劑達成最大的化的效

果。在每個班可能都會需要有不同的做法，畢竟每個班級的構成元素都不一樣，這樣的話，要怎麼去做、微調哪些部分，這個對我來講很吃經驗吧！」(GS1 訪 191031)

對師資生(GS1)來說，試教確實能帶來教學的經驗，但卻也讓他意識到這與班上實際的學生操作時的經驗還是不同，因為當班上的學生都不同時，而他會需要思考更細膩的流程，正如同前述師資生(C2、C4)所強調的實際經驗。因此，師資師生對探究與實作的需求，與其從職前教師的角度在試教中得到經驗，可能更需要以教師的身分操作過探究與實作，才能獲得對探究與實作教學更有幫助的經驗。

(七)以教師的角色評量探究與實作的學習證據

師資生對於探究與實作都有期待看到或不期待看到的成果，如以下晤談片段：

「學生他們會一起討論說他們要做哪些東西、一起去操作，然後操作之後他們可以再把這些東西彙整起來。然後比較偏小組討論的哪一類，最後可以大家一起發表他們的成果。」(C4 訪 191211)

師資生(C4)表示了對於探究與實作的成果，希望能看到在過程中的共同合作、操作、討論及發表。但也會有不期望看到的事情，如以下晤談片段：

「可能就是看到有些學生淌分吧，就是只依靠厲害的人。可能多少還是很難避免因為不是所有人都很喜歡去做的東西。然後另外一點就是遇到問題直接就問我，是可以對老師提問的，但有些比較簡單或查得到想出的答案，可以不用透過老師啊，可以自己試著查查看，或自己弄出結果來。」(C3 訪 191209)

師資生(C3)則表示了最不想在探究與實作課程上看到的是，不願合作只想拿分數的學生，以及遇到問題未經思考就直接去問老師卻不嘗試自己答案。

而不管是期待在課堂上看到風景，或是最不希望看到的樣子，對師資生而言，都反映出設計探究與實作的評量規準需求，正如師資生(P3)分享自己的在教育專業探究與實作上課時的收穫，見以下晤談片段：

「探究與實作也有教我就是要評量，要去評斷說所以這堂課你到底有沒有讓他們得到什麼，而不是 happy 地過一堂課就沒了。」 (P3 訪 191206)

一堂課程需要呈現什麼樣的關鍵證據才能顯示學生已經學到教學者所設立的目標，這正是評量的課題。綜合以上的晤談片段，對探究與實作的課程而言，師資生也需要有相關的評量知能，才能確實反映出學習者的學習成果，引領課堂呈現出自己所期待的課堂風景。

(八)以教師的角色反省探究與實作的教學

師資生(C3)認為在上完探究與實作的課之後，除了可以看學生的學習成果之外，也應該回頭檢視自己的教學過程。見以下的晤談片段：

「可能先寫個評估表，因為評估表是最理性，然後可以檢視自己到底做了多少去進行調整。我自己是這樣覺得啦，因為如果看(學生)他們表現就比較主觀，但主觀可能就比較影響自己要怎麼去改。那如果有一個比較客觀的東西，可以拿出來跟別人探討，也比較有說服力……可能每次結束後，要看怎麼再進行增加，或是跟其他老師討論看看找資深老師也好，有哪些是我覺得可以刪掉或是我覺得應該要增加，或是我要怎麼幫助這些學生去引導他們的一個方向。算是一個回饋吧，就學生給我，那看我怎麼去思考說下一次和未來的東西要怎麼去弄得更好。」 (C3 訪 191209)

師資生(C3)認為透過評估表檢視自己的教學過程，並與其他夥伴或資深教師討論，透過來自教師或學生的回饋，知道下次能如何引導，那些課程內容需要增加或刪除，透過反省與自評，才能有機會讓自己的教學更上一層樓。

師資生歷經教案設計及試教過程之後，往往較容易關注到成果如何評量，但對於自身教學歷程的反省則較為缺乏，但這卻是提升教學經驗很重要的途徑。因此對於師資生而言，也應該要有以教師的身分反省探究與實作課程的機會。

(九)以人的角色體驗探究與實作的生活

師資生(C2)對於探究與實作還提出另一種觀點，如以下晤談片段：

〔在訪談尾聲受訪者補充〕「我覺得老師在做這個探究與實作的時候，同時可以讓學生把這件事情生活化。因為你除了要解決現在你生活上的問題，你也可能會遇到未來的問題，而未來問題我還不知道是什麼，但如果說可以從生活中的問題先去做訓練的話，那不是可以更好嗎？經過這樣的訓練以後你未來可能遇到問題，那你也知道怎麼去做解決……比如說你發現了什麼樣的自然現象，然後你可能老師就說，那你就做個紀錄啊，你第一天看到什麼、第二天看到什麼，讓他們把這件事情生活化，不用做成一個報告。就是你把這件事變成是你生活中一個小小的娛樂或是小小的一個研究，然後你可能期末再跟大家分享說你到底發現了什麼，或是你從中間你學到什麼，那這不是一個報告他就是一個生活。因為我們也不希望說以後學生是『阿！要上探究與實作課了！』突然就進入這個狀態，而是希望生活中就是隨時都是發現，隨時都是問題點，隨時都是讓他可以思考的地方。讓學生知道探究與實作不是課堂上而已，是我的生活中也都是探究與實作。」(C2 訪 191202)

師資生(C2)認為探究與實作不應該只是課堂上才要做的事情，而是期許能提升到更高的境界，讓生活中也都是探究與實作。只要遇到生活上的問題或自然現象，都可以保持觀察、紀錄的習慣，在過程中當成一種小娛樂，讓探究與實作從課堂延伸到生活。而其背後也是為了因應未來的挑戰，需要培養的一種能力，即解決問題的能力。

第四節 討論

一、探究與實作的師資生觀點之討論

(一)單一的探究與實作定義及多元的探究與實作關係

根據本研究的晤談結果，師資生對於探究與實作的定義多將探究與實作分為兩個不同的事件，將探究視為思考相關(minds-on)，如觀察、進行假設；而實作則牽涉動手做(hands-on)，例如對假設進行檢測，或以實驗的方式進行驗證，而且廣見於本研究中的四個不同科系背景的理學院師資生，足見此種常見之定義符合NRC(2000)所提出關於探究教學常見的迷思，即認為涉及動手做的教學皆為探究。也因為牽涉思考運作，探究被師資生視為較複雜及困難，而實作僅是單純的動手做，相對於探究師資生則認為比較容易。另一方面，實驗被師資生歸類於較接近

實作的範疇，若以綜覽的方式觀看師資生對三件事情的比較時則形成三種層次：探究高於實作，而實作則高於實驗的層次；然而若更細緻的觀看，師資生在進行澄清與比較時，往往又將探究與實作綁在一起，以一個完整的主體與實驗進行比較，故此時的探究與實作則是具有開放性及高度自由的特性，與食譜式的實驗，具有既定的標準答案及流程的特性形成明顯的對比。

雖然師資生對於探究與實作的定義單一，在探究與實作之間卻存在多元的關係。如前述由於師資生將探究與實作視為兩件事情，則容易以線性的單一方向描述其之間的關係，成為「從探究到實作」，或者「先探究再實作」的模型，而此時師資生也傾向將科學方法的流程納入，成為「先進行的觀察、發現問題與提出假設即為探究，而進行實驗階段以檢測假說則為實作。」而單一方向的線性關係也可以再變形，處在不同的狀況時會有「從探究到實作」或「從實作到探究」的模型延伸。在關係的描述上，另一種常見的模型即是以「集合論」來建立探究與實作之間的關係，將探究視為一個大的集合，其中包含實作，而實驗則又被包含於實作其中。這種關係的描述反映了師資生對於探究與實作的定義屬性，即認為探究有較廣的定義，而實作的定義則較為狹隘。另一種關係的模型則較接近於自然領綱中對於探究與實作的描述，即為一種「並肩同行」的模型，師資生認為整個過程都屬於探究，即為探究一個問題的歷程，而在過程中需要藉由不斷的進行實作才能產出最後的結果。此種模型的觀點不同於前述三種，並不將探究與實作視為兩獨立事件，而是更接近於真實科學實務的描述，也更彈性的賦予實作在探究之中能扮演的角色及功能，不再僅限於單一的科學方法如檢測假說等功能。

師資生對於探究與實作的單一定義之下，卻能對其之間的關係詮釋出不同的模型，令研究者感到十分驚喜。研究者認為探討師資生對於探究與實作之間的關係，其背後也反映出的科學方法的多元性，已不再是遵循課本中傳統地描述科學方法的單一線性關係，與 Windschitl(2004)的研究呈現師資生將探究僅視為一種

科學方法的結果很不同，也正符合 Etheredge 與 Rudnitsky (2003) 的觀點認為科學的歷程不該是單一線性的解決問題流程。

(二)探究與實作的豐富內涵

師資生在晤談的過程中，對於「探究與實作」的詮釋也反映出其豐富的內涵，研究者整理於此進行討論。首見「探究與實作視為一種課程」，師資生描述探究與實作實施時應具備的各項條件，如研究者所建構的課程圖像包含主觀要素、客觀要素及內容要素，是將探究與實作當成課程，相當於自然領綱內其它學科的正式課程地位；「探究與實作視為一種教學」則是見於探究與實作的實施該如何進行，如師資生強調教師需要轉換以教師為中心的教育哲學，隨之而來需要成為引導者以不同的策略進行引導，而探究與實作則成為一種以學生為主體的教學方式；「探究與實作視為一種研究能力」，則見於師資生將跨領域的素養導向融入於探究與實作的目標，期待學生能在課程中培養問題解決的能力，探究與實作成為一種解決未知問題的方法，一種系統性尋找答案的研究方法，同時也是欲培養的目標；「探究與實作視為一種生活態度」則見於師資生所補充，探究與實作不僅止於課堂的進行中，而是應該落實於生活情境，成為面對生活中能觀察各種不同問題時的所保有的態度，同時此生活態度也反映了探究與實作並非訓練學生成為專業科學家，更期待是見到學生能展現出科學素養，以其知識、技能與態度回應於生活之中所面臨的問題；此外「探究與實作視為一種感受」，見於師資生在教育專業的課程之中，對於課程進行時的不確定性，如不知研究方向該往何處，或沒有既定的標準答案而感到的不安，過程中的不確定性所形成一種特定形容詞彙所描述的感受。

師資生所詮釋的探究與實作內涵相當豐富，也顯示了探究與實作的複雜性。自然領綱的召集人陳竹亭(2020)曾以探究與實作的 why, what, & how 的角度切入探討，將探究與實作定位為研究法的初階學習，期許實施 108 課綱後的學生能體

驗一個探究的歷程，而對於現場的教師而言，則是關注於探究與實作對教師該如何教，以及學生該如何學習(周漢強，2020)。然而，相比前述的學生及在職教師，本研究的對象師資生其角色之特殊，是一種介於學生與教師之間的過渡狀態，Aikenhead(1997, 2001)以「跨邊界」(border crossing)該詞彙描述此種過渡，提出處於此過渡狀態的師資生對於學習探究的教學有一定的困難，如同本研究中的師資生反映出探究與實作的豐富內涵，其實也表達他們對於探究與實作所知覺的複雜性，並不若學生及在職教師對與探究與實作所知覺的單純。

(三)課程內涵中的實施觀點與教師設計的角色

探究與實作的豐富內涵中，師資生視其為課程，而在晤談中則能從教師知覺的層次見到師資生對課程實施的觀點。Snyder, Bolin, 與 Zumwalt(1992)的見解中，將課程實施分成「忠實觀」(fidelity perspective)、「相互調適觀」(mutual adaptation perspective)、「課程締造觀」(curriculum enactment perspective)。忠實觀為教師做為執行人並強調完全遵照課綱進行教學，較未見於本研究的師資生晤談中。相對而言，較能見到相互調適觀及課程締造觀，尤其以後者更為普遍。相互調適觀強調教師與教材設計本身的互動，能依據現場條件適度修改原來的課程設計，未必如忠實觀需要完全遵照，在晤談中則能見於師資生提及的教案設計經驗，如跨領域的主題設計－鑑識科學血液鑑定中見到此觀點。而課程締造觀強調師生在教學情境中的互動，共同締造建構出教與學經驗，此觀點不同於前述三者將焦點置於課程或教材上，課程締造觀更關注於學習經驗上，在師資生的晤談中顯見探究與實作的實施時，非常關注學生的學習狀況或反應。賴光真(2017)認為課程締造觀根本性的反對預先外來的設計教材，而應視締造觀不位於忠實觀、調適觀的連續光譜上，以此反觀探究與實作在自然領綱中並未有具體需要教學的內容，僅有領綱草案中具指導原則的教學示例，故能解釋師資生對於探究與實作以課程締造觀為主的結果。

在課程的內涵中，也能窺見師資生對於教師在課程設計的典範(paradigms)中所扮演的多元角色，Voogt, Pieters, 與 Roblin(2019)討論教師在不同典範之下的角色：(1)工具典範(the instrumental paradigm)，教師作為實施者在乎設計出最好的可行課程，關注發展與設計出的課程如何被學生使用；(2)溝通典範(the communicative paradigm)中的教師則是在意課程發展的過程如何進行決策，設計的複雜性來自於需要考量過程中所包含的所有利益關係人(stakeholders)並取得共識，故教師既可能主要的利益關係者，也可能是團隊中的共同設計者；(3)美學典範(the artistic paradigm)則立基於情境認知理論(situated cognition)，強調個體建構其意義的過程，因此課程的發展並非線性而是開放的歷程，而教師作為歷程最終的設計者，使課程的目標與實施方法能互相影響；(4)實務典範(the pragmatic paradigm)的課程設計則是強調快速的迭代，透過學生的形成性評鑑來不斷改善原型，教師則扮演共同設計者提供修改原型的意見。

本研究雖然沒有著重在師資生的探究與實作設計過程，但在晤談中也能顯示蛛絲馬跡，例如在強調共同備課發展跨領域課程的教學者圖像，教師需要與不同領域背景的其他教師合作設計出跨科的課程，即是在溝通典範之下的角色；而學習者圖像中的同儕與團體的對話則應屬於美學典範的指導之下，教師需要創造使學生能夠過互動及對話建構出自身學習意義的課程；實務典範之下的教師角色則顯見於，沒有終點的探究與實作的課程設計，教師需要在每次的課程後反覆的從學生的反應及其他教師的回饋中再次修正，以使下次的課程更完善。

二、師資生對於探究與實作的專業需求之討論

(一)探究與實作歷程中的不同挑戰

本研究的第一階段結果顯示，有修習探究與實作的師資生其自我效能沒有優於無修課的師資生，然而綜觀整體的答題狀況卻發現在「發現問題」與「論證建模」的答題分數相比其他較不理想，顯示這兩項可能是師資生普遍認為較大的挑

戰。研究者於第二階段的深度晤談中更細緻的觀看十三位師資生的探究與實作歷程，則意外發現不同科系背景所詮釋的挑戰雖然不同卻形成各自的模式(pattern)。化學系的四位師資生中在被問及探究與實作的四個面中哪個最難教時，第一反應皆提及「規畫與研究」，然而其背後卻有不同的原因，包含學生可能不知如何規劃研究，或如何設計實驗才能回應研究問題；也有來自教師自身的知識侷限對於變因的想像，或不知道如何引導才能由學生自己找到變因。生命科學系的四位師資生中則有三位在第一時間提及「發現問題」，而背後的原因也各自不同，有將困難歸因於教學者本身對於問題的覺察不夠，也有歸因於學習者本身需要擺脫的被動學習習慣，更有極端的提出觀察是為一種天賦，很難透過引導或教學培養。物理系的四位師資生中有兩位提及「論證與建模」，而另兩位則提及「發現問題」，究其背後的原因也不太相同，有關於論證是需要大量的背景知識才能完成的學習活動，或者不知道如何引導才能進行論證；而發現問題則歸因於歷程中的第一步之萬事起頭難或訴諸於解決一個問題不比發現問題更難。雖然各科系似乎形成一個模式，但師資生們對於探究與實作的歷程所感到的困難並非僅有一處，前述是整理自第一反應的結果，然而綜觀師資生的整體晤談，則挑戰其實遍於四個歷程各處。

(二)實驗課程的經驗形塑對於探究與實作的詮釋，進而影響教學的難度

根據師資生的晤談結果，對於探究與實作的畫面形塑來自於過去的學習經驗，此經驗則在經過師資生內化後，將其感受及想法融匯成自身對於探究與實作的定義與關係。而本研究中的師資生對於探究與實作的畫面感來自於過去學生時期的實驗室課程(Trumbull & Kerr, 1993)，或者來自教育專業課程中的修課經驗。過去的實驗課程皆以食譜式實驗的方式進行，在教學方面教師有較高度的掌控，於內容方面有既定範圍的題材及需要依據明確的操作步驟及流程，對於學習者本身的發揮空間則較小。當擁有實驗課程之先備經驗的師資生接觸教育專業課程中的探

究與實作後，則能明確區別兩者之間的差異，將探究與實作置於食譜式實驗的另一個極端，在教學方面視教師為引導的角色，於內容方面既鼓勵開放給學生做自己感興趣的題材，也沒有明確的步驟及流程需要遵循，對於學習者有絕對的自由空間可以任意發揮。

然而對於師資生而言，此種形式的探究與實作則增添許多不確定性因素，在過程中無法預測學生的反應，也無法事先知道學生的反應而制定相對應的教學策略，同時由於無法預知課程的進行方向，對於探究與實作的課程將迎來何種結果更增添許多未知空間，諸多不確定性因素疊加則衝擊師資生過往所熟悉的學習慣性，即探究與實作不再有標準且正確的答案可以追求，這種形式的課程使師資生感到困難且困惑。研究者認為，師資生對於探究與實作本質的理解過於簡化，其認為唯有與食譜式實驗站在對立面的位置才符合探究與實作的精神，而忽略了如NRC(2000)所描述的探究其實具有不同程度的開放性，依著不同的開放程度教學者也自成不同的角色(Llewellyn, 2013)。然而處在完全開放一端的探究教學，對在職教師而言本就極富挑戰(Costenson & Lawson, 1986)，更何況是師資生，故研究者認為師資生對於探究與探究教學的本質應有更完整的認識，才有機會也有信心進一步設計探究教學。如顧炳宏、陳瓊森、溫嫻純(2011)發展出介於兩極端之間的引導發現式的探究教學作為一種折衷，此教學方式在密度概念的學習成效上不但優於開放式的探究教學及食譜式實驗教學，也是教師較能適應且上手的方案，此種策略值得引介予師資生使其對於探究與實作的引導教學不再僅有二元對立的兩種形式。

(三) 探究與實作中的共同體：教學者與學習者共構的探究文化氛圍

研究者根據師資生的晤談結果，從知覺層次建構出對於探究與實作的教學者圖像、學習者圖像與課程圖像，可以據此理解為以師資生觀點出發的，實施理想探究與實作所需要具備的條件。研究者認為，在教學者的條件裡其實要求非常嚴

格，不僅需要具備豐富的背景知識，也要求教學者的個人風格、能掌握學生的反應。此部分其實與一般的課程無異，然而教學者需要令學生感到信任及其開放的心胸，則顯示了師資生認為教學者除了學識的要求外，也需要從班級經營的層面著手。在教學實務上，除了掌握探究與實作的流程外，更需要能進行引導式的教學，另外也需要教學者能有跨領域共備的夥伴以符合探究與實作課程需要跨科的要求。而在學習者的條件中也提及了需要一定的背景知識，而此背景知識的功能在於教學者能藉此設計符合學習者程度的課程，也能讓學習者於探究與實作的實務中能順利進行，而學習者在課程的進行中也需要異質性的分組，使其在與同儕之間的對話中學習。而在課程的條件中，除了探究與實作的四個面向：發現問題、規畫與研究、論證與建模、表達與分享之外，也提及輔助課程進行的適當教具或學習單的使用，以及考量學習成效需要有評量規準的設計，除此之外，也需要考量適合實施探究與實作的地點如實驗室，或其中的器材。

研究者從教學者圖像、學習者圖像及課程圖像中能窺見三者共同的指向，核心之處在於建構出適合探究的文化氛圍。從維高斯基(Vygotsky)的觀點來看，學習是需要在社會及文化的脈絡下進行，透過與脈絡中的成員互動與對話建立起鷹架，再進入與自我的內在語言對話，方能促進學習，此即是近側發展區(Zone of Proximal Development, ZPD)所指出的模型。因此，探究與實作的教學強調如何引導，在這個觀點之下則賦予引導更多的意涵：教學者的引導是為了「串聯每位學習者的思考」，讓課室中每位學生的思考都能成為彼此的鷹架，進而促進個人的思考與學習，這正是佐藤學(2017)提出的「協同學習」(collaborative learning)，一種小組學習的型態。此種小組學習有別於合作學習(cooperative learning)，並非強調團體優於個人的效率，或是一種相互發表、會的教不會的課堂表現。協同學習關注的是「相互聆聽的關係」而非「相互發表的關係」，相互發表的關係中，學習只是獨白的交換，然而獨白的交換只是不停交流已知的東西，對於未知事務的探究則停滯不前，因此必須建立相互聆聽的關係，使對話而非獨白交換(佐藤

學，2017)。在相互聆聽之中，其實正是使學生的思考能被看見(making thinking visible)(Ritchhart, Church, & Morrison, 2011)，每個人的聲音皆被重視，才能營造「安心的學習環境」，形成適合探究的氛圍。

在前述的討論中，研究者提出三者圖像的共同指向，教學者的引導與學習者的傾聽與對話，營造出適合探究的氛圍，即為教學者與學習者共構出探究與實作的課程。然而轉換視角竟可發覺，探究與實作的課程同時也催化了學生的教與教師的學——教師需要藉由課程中學生的反應，不斷來回修正自己的教學設計，此刻的學生已成為探究與實作的教學者，教師則成為探究與實作的學習者。研究者認為課程的角色其實就是一種媒介，不斷調和著探究與實作的教學與學習，以生物的角度比喻，此媒介正是酵母(yeast)——需要酵母來讓教學有用並落地；需要酵母來讓學習深入並有意義，探究與實作正是由「課程」扮演酵母的角色，它調合了教師的教學以及學生的學習，同時教學和學習的過程還會隨著課程的發酵不斷修正及回饋彼此，正所謂教學相長，再度調合了學生的教與教師的學。為了使探究與實作能真正地發酵，教學、學習及課程調合而成一個動態圖像，如圖 10。

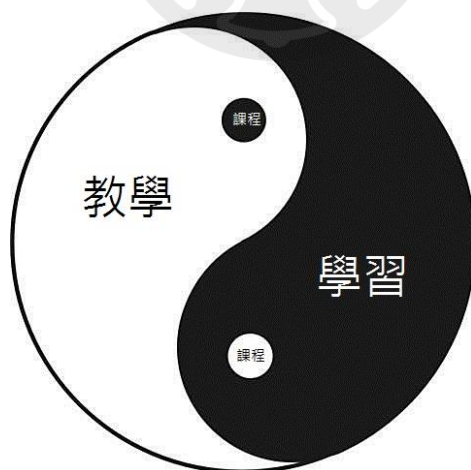


圖 10 教學、學習、課程的滾動意象

探究與實作的課程需要藉由教學者與學習者共同營造出探究的氛圍才能達致，而探究與實作的課程也讓教學與學習不斷調合，此生生不息之姿態，正與太極意象有幾分相似，研究者因而喚之為「探究與實作中的共同體」。

(四)師資生的探究與實作旅程地圖

研究者從師資生的知覺課程與正式知覺課程的差距，挖掘出對於探究與實作的潛在需求，再從潛在需求與晤談結果揉合出更細膩的九個專業需求：(一)以學生的體驗經歷探究與實作；(二)以職前教師的角色修習過探究與實作；(三)以職前教師的角色對探究與實作觀課；(四)以職前教師的角色設計過探究與實作；(五)以職前教師的角色體驗跨領域的共同備課；(六)以教師的角色操作過探究與實作；(七)以教師的角色評量探究與實作的學習證據；(八)以教師的角色反省探究與實作的教學；(九)以人的角色體驗探究與實作的生活。研究者將此九項需求以視覺化的方式呈現，並根據晤談內容輔以不同程度的滿足程度，如圖 11 所示。

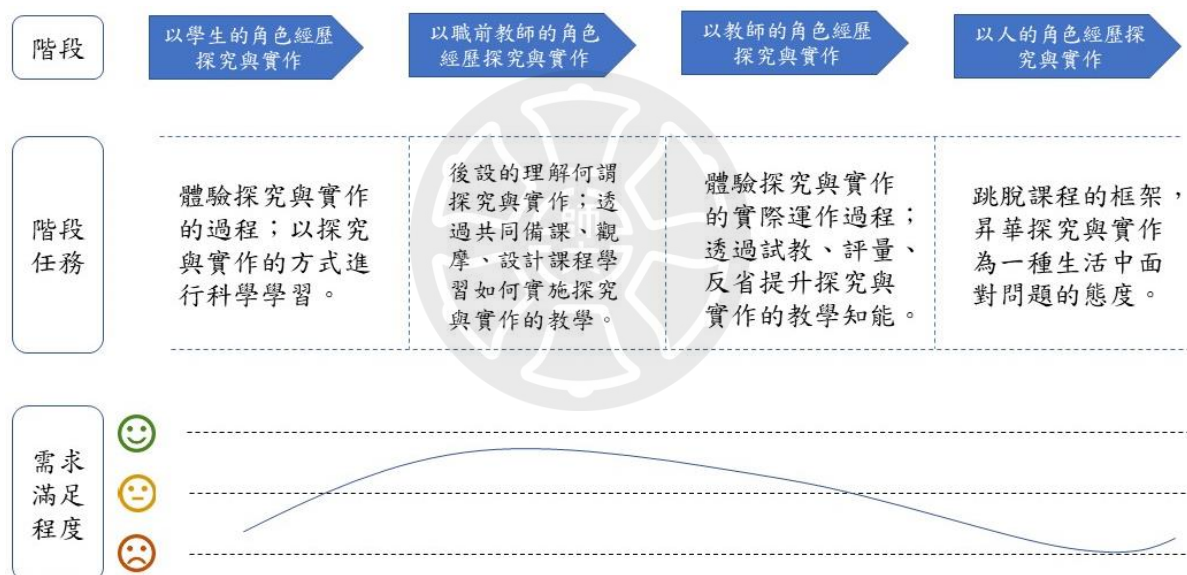


圖 11 師資生的探究與實作旅程地圖

圖中將九項需求依不同的角色所經歷探究與實作分作四個階段，第一個階段為「以學生的角色經歷探究與實作」，現階段大部分的師資生包括研究者在內，於過去的求學階段未曾上過名為「探究與實作」的課程。研究者認為，沒有真正從學生的角度經歷探究與實作的過程，是很難感受到過程中純粹的學習。而 Britner 與 Finson(2005)的研究也指出相同的結論，職前教師需要親身經歷探究的經驗，才能將此經驗轉譯為未來的教學。根據晤談結果，師資生對探究與實作的

經驗多形塑自過去的學生時期的實驗課，或是已經是師資生的角色時，才在探究與實作的教育專業課程裡有第一次的接觸，因此若要為師資生設計探究與實作的初體驗時可以善用此機會，如將食譜式的實驗轉化為探究式的實驗(Volkmann & Abell, 2003)。另一方面，雖然目前臺師大有開設探究與實作的教育專業課程，但這門課的目標客群明確是「師資生」以培養探究與實作的相關知能為目標，其性質相當於本研究提出的探究與實作旅程地圖第二或三階段，因此研究者認為，若能於一般通識課程開設探究與實作的課程，以體驗探究與實作的過程，或體驗以探究與實作的方式進行科學學習作為課程目標，則能讓師資生甚至一般的普通大學生皆能全心以學生的身分體驗探究與實作的過程，有機會滿足此階段的需求。

第二階段為「以職前教師的角色經驗探究與實作」，根據晤談的結果，研究者認為師資生在這個階段的需求滿足程度最高，也最常見於師資培育課程中的課程目標。師資生能理解何謂探究與實作，有機會與同儕共同備課及設計課程，也有機會透過觀課理解探究與實作的實施。然而其中卻也有些內容值得更進一步的討論，以設計課程為例，由於在現階段時間有限的師資培育課程中，將階段二與三的內容壓縮於一學期的課程中，會使師資生在課程單元的設計及試教都受到時間的限制，而呈現出一個課程單元僅呈現出探究與實作中的部份歷程，此舉顯然與 Krajcik、Czerniak(2007)指出每個探究成分皆需要同時(in concert)練習的提醒違背。而在觀課方面，根據晤談結果，師資生的觀課焦點多置於探究與實作的課程中，教師如何進行教學或如何與學生進行互動，研究者稱之為「以教師為中心的觀課視野」，然而以學生為主體的探究與實作，更該專注的應該是學生在過程中是如何學習，或學生如何在與其他同儕互動中建立彼此的鷹架而進行學習，關注焦點的偏差，也將限制了師資生對於探究與實作的全貌，因此研究者強調「以學生為中心的觀課視野」補足此需求，此論點也與 Sweeney(2010)所指教師進行教學觀摩需要從觀察優質教學進入新一代以學生為中心的教練相符，從注意教師教學轉而聚焦於學生學習的指標、學生學習的證據。

第三階段為「以教師的角色經驗探究與實作」，研究者強調此階段為教師角色，是希望能更多地著墨教學者於探究與實作中的角色。教師作為教學者，不該只局限傳統論述中的傳道、授業、解惑功能，尤其在探究與實作的課程，師資生多能理解其應該扮演引導者的角色，研究者基於佐藤學(2017)的觀點欲往前更推進一步探討，教師作為教學者應該從「教的專家」轉化為「學習的專家」，在體驗探究與實作的實際運作過程中，除解放教師的權威給予學習者更多的發揮空間外，更應該透過課程中的形成性評量及課程後的不斷反思，回饋修正自己的教學，成為一位能透過 Blank(2000)所指出的“how they know”及“why they know”的後設認知經驗來學習的專家。「學習的專家」更有另一意涵，教師能知道學生在學習時可能會遭遇的困難，而且每一位學生遇到困難時教師能知道如何給予適當的建議，正如一位「學習的教練」，教授的不僅是內容知識，而是「學習如何學習」(learn how to learn)。研究者根據晤談的結果，認為目前師資培育中的探究與實作雖然有試教的環節，也會於教案中陳列實行評量的方式，但其對於後設反思的力道仍然不足，在試教過後，少見師資生能針對教學過程做深度的探討，進而錯失修正教學及提升教學知能的機會，而教學實務中本就有許多的默會知識(tacit knowledge)，是以探究與實作更需要透過不斷的反思並在實踐中修正自己的教學。

第四階段為「以人的角色經驗探究與實作」，此階段的任務目標其實正與素養導向的精神相符，希望能培養落實於生活中的態度，但由於師資培育課程強調於課室中的教與學，卻使得探究與實作陷入「課程的框架」之中而與可能與理想漸行漸遠。研究者認為此現象能以傅柯(Foucault)於《規訓與懲罰－監獄的誕生》一書的描述進行詮釋，傅柯指出在機構(Institution)的框架之下，學校已成為一個建立並灌輸規範的機構，而學校中的教育行為成為一種訓練，甚至是馴化，如鐘聲可代表就位或自由活動(Foucault, 1994，引自陳竹亭、唐功培，2013)。在此觀點之下，課程的開始或結束正由鐘聲的鈴響一清二楚的化分，鐘聲之後，探究與實作隨即開始、鐘聲完畢課程也隨即結束，正如晤談中師資生所表示「不希望說

以後學生是『阿！要上探究與實作課了！』突然就進入這個狀態。而是希望生活中就是隨時都是發現，隨時都是問題點，隨時都是讓他可以思考的地方。讓學生知道探究與實作不是課堂上而已，是我的生活中也都是探究與實作。」探究與實作需要跳脫於課程框架之外才能達成素養導向的理想，同時，師資培育身處於傅柯所謂的機構框架之下，對於師資生的培訓也將難逃此劫，因此如何能跳脫此框架重新論述以人的角色經驗探究與實作，應是值得重視的需求。

三、師資培育中探究與實作的理與盲

研究者以自身的修課經驗及觀察參照，臺師大目前的師資培育課程從原先規劃於教育議題專題回歸至系上教育專門科目的必修，雖然提升了探究與實作的重要性與地位，然而此做法卻等同間接的迴避探究與實作中強調跨領域的課題。無論是在成員的同質性上，或師資培育者所選用的授課單元皆有較強烈的學系背景的色彩，此舉其實無利於探究與實作中強調跨科概念的設計及對話，也無法給予師資生與異質性成員對話與合作的機會，進而可能影響日後師資生步入實際場域後與跨科教師共同備課的經驗。研究者曾於課程發展與設計的課堂中體會跨領域對話的經驗，該次經驗之中，研究者曾數次的提出自己認為理所當然的概念與詞彙，在多年浸淫學術專業的薰陶下，這些話語早已內化為自身思想體系的基模(schema)，然而同樣的話語在不同領域背景的師資生聽來卻需要更多的解釋與說明來方能進行調適(accommodation)，因為缺乏理解對方主張所需要的背景知識，溝通的過程往往無效，甚至無法進行跨領域的合作遑論產出成果。相對的，在與自身背景相似的同儕之中進行對話及合作可謂毫不費力，然而卻也在這個過程中，忽略了跨領域對話的困難，也更加深對於專業的依賴而不自知。研究者認為，既然探究與實作強調跨領域的內涵，則師資培育應該思考的是師資生是否有足夠的機會可以進行跨領域的合作及產出。

佐藤學(2017)指出教師應由「教的專家」轉化為「學習的專家」，同時意謂著「反思型教師」的培養應為師資培育中的指導方向。然而在探究與實作的培育中，師資生欲作為專家，其養成的核心在於理論與實踐的統合，正如醫師的養成教育以臨床研究(clinical studies)作為教材，律師的養成以判例研究(case studies)作為教材以統合其理論與實踐。佐藤學(2017)認為教師做為一個專家，理論與實踐應採以「實踐中的理論」(theory in practice)為取徑，透過自我省思並不斷調整教學理論來改善實踐，開發出「實踐知識」(knowledge in practice)與「實踐思考」(thinking in practice)。

佐藤學(2017)提及的實踐知識與 Shulman(1986)提出的學科教學知識(pedagogical content knowledge, PCK)能相互呼應，有別於學科內容知識(content knowledge)及一般教學知識(general pedagogical knowledge)，學科教學知識(PCK)為一種轉化教學於課堂學科實踐的一種專業知識，而探究與實作的本質作為一種研究的方法，應著重哪些 PCK 則是師資培育應該重視的課題。研究者分析，至少應該要著重強調於「探究的引導」及「探究氛圍的經營」，是以師資生在晤談中，皆能提及探究與實作的進行中教師引導的重要性，但對於如何引導卻缺乏更多的想像與策略，探究氛圍的經營則更形抽象，使師資生不容易掌握其要領。又以研究者所觀察的師資培育方式多以教師為焦點，無論是課程的設計、試教過程、觀課皆以教師為中心，自然不易關注以學生為中心所進行的「探究的引導」及「探究氛圍的經營」。

另一方面，佐藤學(2017)指出實踐思考則能在課堂研究(lesson study)中形成，傳統的課堂研究的目的是在於改善與評價教案與授課技術，希望能實現有效的課堂，關注的對象則在於教案及教師的活動本身；有別於傳統課堂研究，佐藤學所強調的課堂研究其目的則是透過省察學習形成教師的實踐思考，關注的對象則在於學生的學習經驗，以及其相互學習的關係。其具體方法則是以影像紀錄，透過影像

及聲音能觀察教室所發生事件的全貌，同時收錄教師與學生的語言活動及非語言的行為。然而透過影像所建構的畫面難免帶著紀錄者的主觀，因此輔以教學者的實踐報告，敘述以教學者視角出發的課堂經驗，雙管齊下則能使課堂研究更具反思性與批判性。研究者認為目前探究與實作的師資培育未見此種方式，應能引介此課堂示例作為探究與實作的培育教材。

Kang, Bianchini, & Kelly (2013)採用 Aikenhead(1997, 2001)的概念以「跨邊界」(border crossing)該詞彙描述介於教師與學生之間的過渡，如圖 12，處於此過渡狀態的師資生對於學習探究的教學有一定的困難，也需要一定的轉譯才能將學生經驗轉化為教學經驗。以師資生的角色來經歷探究與實作，對比以學生的角色經歷探究與實作，研究者認為這之間的感受及收穫大不相同，以研究者自身的經驗，當自己以師資生的身分在學習探究與實作時，於過程中其實扮演多重角色，既是作為學生的師資生(preservice teacher as student)需要經驗探究與實作的過程，同時也是作為教師的師資生(preservice teacher as teacher)需要學習探究與實作的教學知能與實務，多重角色之下有時會使研究者感到來不及切換，或者當還沒完全感受探究與實作的經驗時，即需要立即切換為教師的視角，以後設的角度看待探究與實作如何進行教學與學習。而其中的轉化過程也並非如此的理所當然，師資培育者應該多關注位於此過度處境的「異鄉人」，才能更有效提升師資生的探究與實作教學知能並能協助跨越此過度的邊界。

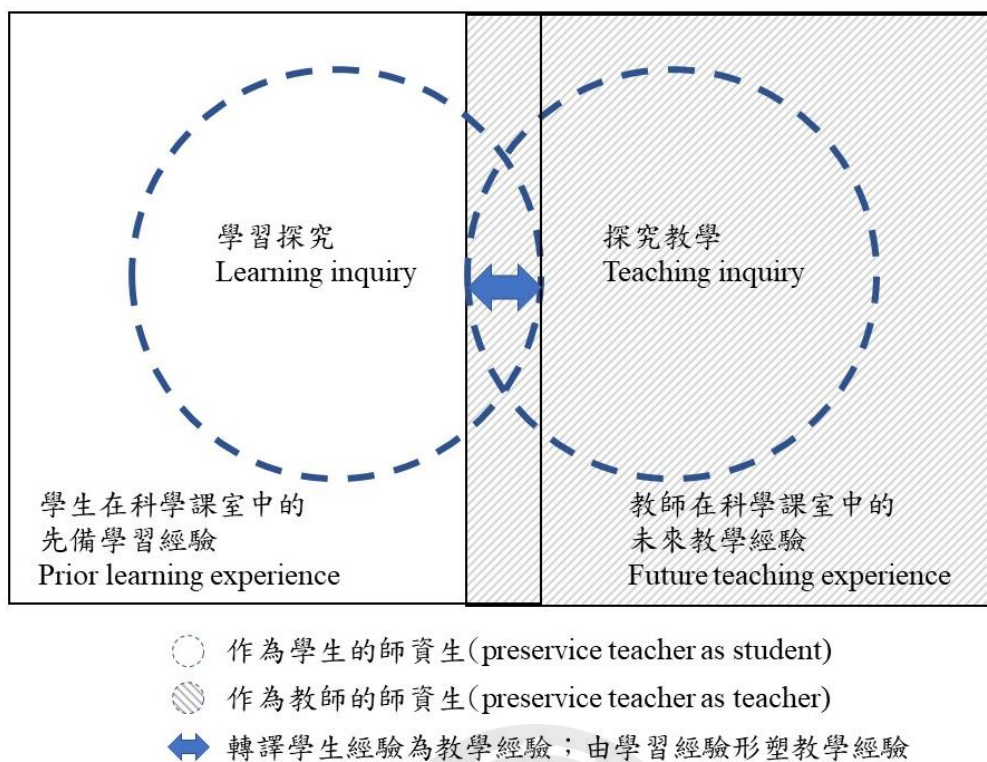


圖 12 從學習探究到探究教學的過度邊界(引自 Kang, Bianchini, & Kelly, 2013)

第伍章 結論與建議

第一節 結論

在實施新課綱的背景之下，本研究之目的在於探討師資生對於自然領綱中探究與實作的準備程度，透過網路問卷及晤談蒐集量化與質性的資料，欲從修習過探究與實作課程的師資生觀點，建構其對自然領綱新課程探究與實作的圖像，並試圖從中挖掘師資生對於探究與實作的專業需求。以下陳列本研究之重要結論：

一、探究與實作的單一定義與多元的關係

本研究中的師資生對於探究與實作的詮釋中顯示其單一的定義，即「探究即思考；實作為動手做」，然而在此定義之外，對於探究與實作之間的關係描述則相當多元，包括單一線性的「從探究到實作」；其變形「從探究到實作」或「從實作到探究」；也有集合論的陳述「探究是大集合，其中包括實作的子集合，實作內再包括實驗的次子集合」；另外還有「並肩同行」的模型，視整個過程為探究問題的歷程，而過程中需藉由不斷的實作才能產出最後的結果。

二、探究與實作的豐富內涵

本研究中的師資生對於探究與實作的詮釋反映其豐富的內涵，包括「探究與實作視為一種課程」、「探究與實作視為一種教學」、「探究與實作視為一種研究能力」、「探究與實作視為一種生活態度」、「探究與實作視為一種感受」等。相對於教師及學生所經歷的探究與實作，師資生的詮釋亦反映出其複雜性，足見師資培育應重視其處在學習探究與探究教學邊界的「異鄉人」的專業需求。

三、專業需求中的引導教學與探究氛圍的建立

本研究的師資生多能指出探究與實作中教師引導的重要性，但卻缺乏如何引導的想像與策略，師資生需要對於探究與實作的本質有更多的理解，才不會僅存在食譜式與開放式的探究兩種二元對立的形式，忽略了探究與實作其實能以更多彈性的方式實施教學。而探究文化氛圍的建立則是師資生需要著重培養另一重要知能，是以師資生除了透過自身的引導之外，尚可藉由學習者之間的對話營造出安心適合探究的環境，然而師資生僅能指出其重要性但未見有相關的具體策略。另外，引導教學及探究氛圍的建立其關鍵在於需轉化以教師為中心成為以學生為中心，其與師資生過去的學習慣性也大相逕庭，是師資培育中值得重視的課題。

四、師資生的探究與實作旅程地圖

研究者分析並指出師資生的探究與實作有九項專業需求：(一)以學生的體驗經歷探究與實作；(二)以職前教師的角色修習過探究與實作；(三)以職前教師的角色對探究與實作觀課；(四)以職前教師的角色設計過探究與實作；(五)以職前教師的角色體驗跨領域的共同備課；(六)以教師的角色操作過探究與實作；(七)以教師的角色評量探究與實作的學習證據；(八)以教師的角色反省探究與實作的教學；(九)以人的角色體驗探究與實作的生活。並濃縮而成四個階段的探究與實作旅程地圖：「以學生的角色經歷探究與實作」、「以職前教師的角色經驗探究與實作」、「以教師的角色經驗探究與實作」、「以人的角色經驗探究與實作」。對照目前的師資培育多將重點置於第二及第三階段，相形之下第一階段與第四階段如何深化應值得多加著墨。

五、跨領域的探究與實作

臺師大的探究與實作師資培育課程回歸至系上的教育專門必修，雖然滿足了師資生對於專業知識背景的需求，卻可能同時忽略了跨領域對話與合作的機會。

師資培育應該考慮如何在專業學術背景與跨科領域的合作與對話之間取得平衡，兩者不可偏廢。

第二節 研究限制與建議

一、研究限制

針對可能威脅研究品質的因素，研究限制可分為四種情況：(一)已事先注意，且已事先擬定策略預防；(二)已事先注意，然未事先擬定策略預防；(三)未事先注意，然臨場已實施因應策略；(四)未事先注意，且臨場未實施因應策略(紐文英，2015)。研究者認為依研究目的所選取的對象可能會影響研究結果，故研究參與者在性別及科系的選取時已盡可能平均，然而由於符合研究條件的地科系師資生非常有限，研究者傾盡全力僅能尋獲一位地科系師資生參與，故為已事先注意，然未事先擬定策略預防之研究限制。另一方面，研究者藉由晤談，在師資生的詮釋中建構對於探究與實作的圖像並挖掘其需求，然而在進行晤談過程及後續的分析之中，研究者才發現忽略了可由運作課程層次進行資料蒐集與分析，使原先的研究只著重於師資生的經驗課程層次與知覺課程層次。研究者遂將研究聚焦於從詮釋之中挖掘專業需求，而將運作課程層次排除，故此屬未事先注意，然臨場已實施因應策略之研究限制。

二、研究建議

從研究範圍及研究限制可延伸出未來進行相關研究時可以採用的建議。研究者認為師資生對於探究與實作的圖像建構及專業需求的挖掘依然值得持續投入研究，除了本研究所選取中等教育階段的師資生外，應可擴大範圍於其他師資培育學校的師資生，或其他階段如小教的師資生作為研究對象，而累積至相當的量時，可再由不同科系之間去做更細膩的觀察與分析，探討不同科系之間對於探究與實作的圖像建構與專業需求之間的關係。另一方面，本研究所排除的運作課程

層次，亦可於後續進行相關研究時可以採用的分析視野，研究者認為除了詮釋，可由其行動中探討其他的需求，亦即在課室中觀察師資生的互動情形與其實際執行教學，從行動中蒐集更多的觀點並與詮釋互相對照，以運作課程層次進行分析應可再激盪出不同的洞見。

第三節 個人反思

見自己。

正式成為師資生後已經過四個學期，在這漫長的過程中，修了許多課程，完成幾份報告也讀過許多理論與專書，其實只為了尋找一個問題的答案，如何成為理想中的老師。猶記得第一次成為師資生後的畫面，是聽授課教師提及「教師作為轉化型知識份子」是近年教檢常考的重點…」，便驚見原先百無聊賴的同學們於頃刻間拾起筆刷刷的記下這項「重要的考訊」。什麼時候開始，未來的教師竟然是如此學習做一位轉化型知識份子？雖然當下覺得諷刺，但我的納悶沒有停在此刻，而是讓畫面就此慢慢釀出我的研究方向。

在教育學程的每堂課中，我漸漸開始關注同為未來教師的這群師資生，這群人是如何學習成為一位教師？游移在要不要走入教職的路上，這群人如何堅定自己投入學習？如何裝備自己使身上能具備符合新課綱所要求的教師圖像及即戰力？而臺灣重要的新課綱實踐真的能依賴這群教師嗎？我的「課外閱讀」提醒自己一件事情，如果我們仍以舊有的教育方式學習現在的知識並期待教導未來的學生，恐怕教育的源頭活水將仍無清澈的一日，仍舊存在需求與實務上的落差。

見天地。

浸淫在科學教育中的三年，影響我最深的是其中的三個面向：科學技術與社會(STS)、社會性科學議題(SSI)、科學本質(NOS)。在這些面向的學習中，不但重塑了自己對於科學的觀點，也讓自己以一個未來教師的身分開始思考，透過這三

面濾鏡，我還能帶給未來的學生怎樣不同的科學觀點或思考？本研究的緒論中曾經提及人類於 21 世紀的社會已然面臨的高度非結構化挑戰，如疾病、氣候緊急事件、假訊息的威脅，然而這其中的困難之處在於沒有一項挑戰能透過單一的專業來解決，對於這種非結構化的議題，STS 能提供解析同一件事物的不同視野，SSI 能讓科學更延展的觸及許多重要的社會議題且提供不同專業的解方，而 NOS 則幫助回歸於更本質的層面來認識科學本身，而這些助益能對這些非結構化的挑戰提供相當程度的幫助，也反身性的影響自己對於探究與實作的知覺。

本研究有機會接觸來自不同科系不同背景的師資生，鑽研在逐字稿的同時，也是自己與這群師資生們的對話過程。而迥異的探究與實作觀點背後，其實反映了這群人對於科學的觀點，其觀點也正代表著這群人將會成為怎麼樣的教師，將會如何引領未來的學生認識科學及面對未來社會的共業與挑戰。在這段時間密集的與「探究與實作」相處，也讓我有機會更深入的思考一種實踐理想的可能性，STS、SSI、NOS 滋養了對於科學更寬闊的想像，探究與實作的研究則深化並形塑自己的教學知覺。雖然對於如何將所學落實於課堂之中仍有許多值得學習，但這些經歷已經為我打開一扇門，使我見到何處有更寬闊的天地值得進一步的尋覓與學習。

見眾生。

曾經在網路上讀過一則故事，講述一位六歲的小朋友在得知冥王星被除名於九大行星後，詢問冥王星為何不是行星的問題。小朋友寫信向航太局問說：「為什麼現在冥王星不是行星了？我媽媽跟我說冥王星太小，我也很小，但是我還是一個人，只不過是小小的人。不能再繼續當行星，我想冥王星一定很難過！」這封信雖然童稚，卻得到航太局相當的重視。航太局不僅以小朋友能理解的方式回應，從解釋關於行星大小、成分及軌道公轉等因素說明，還安慰說道他們覺得冥

王星不會太難過，它還是會繼續繞著軌道運轉，並且向小朋友介紹可於網路觀察冥王星的探測紀錄，鼓勵他繼續保持好奇心。

這個故事其實點醒了自己一個許久不見的態度——好奇心與想像力。在進入大學的學習後，很多知識的追求不諱言地背後正是為了成績表現或迫於學分需要，好奇心與想像力在這段追求的過程中也逐漸退化，成為一個在小王子口中討厭的大人。回顧這段過程中，我也發現早已經被破壞殆盡的學習品味，面對這樣的自己，我曾經非常質疑能否成為一位理想的教師，如果當自己已經失去了學習的品味，失去了好奇心與想像力之後，我還能如何引領學生進入科學的殿堂？然而卻也是在這個過程之中，我旁聽了一門教材教法的課程，卻發現在每次課程進行中都感到燒腦，這堂課的成績表現於我變得無關緊要，每個當下只想和身邊的伙伴好好討論，永遠得不出滿意的答案、永遠會有下一個更好的解釋，這是在課程中最美好的收穫。帶著這樣的經驗再回頭看待探究與實作及這個故事時，心態上已有明顯的轉變。

一位理想的教師該是如何？如果探究與實作的理想能夠引領學生進入科學，使下一代具備解決社會複雜的問題固然偉大且理想，然而有時候卻也非得要追求這般遠大，用自己的生命影響另一個生命使其成就自己也是非常有意義。保持好奇心與想像力重新圓滿靈魂，成為一個人，再見眾生。

參考文獻

- 王為國(2019)。教師對十二年國民基本教育課程綱要實施的釋意。《臺灣教育評論月刊》，8(10)，31-36。
- 王彩鸞(2016)。葉丙成：只會讀書以名校為目標很危險！檢自：
<https://video.udn.com/news/519433>
- 王韻齡(2016)。TIMSS 國際評比台灣學生數學、科學成績佳，熱情自信敬陪末座。引自：<https://flipedu.parenting.com.tw/article/2960%E3%80%82>
- 成虹飛、黃志順(1999)。從教師成長看課程改革的意義。《應用心理研究》，1，69-97。
- 佐藤學(2017)。邁向專家之路教師教育改革的藍圖(黃郁倫譯)。臺北市：高等教育文化事業有限公司。
- 李政憲、張國志、馬群樺、吳仲卿(2017)。高中科學探究與實作課程之推動經驗分享。《科學教育實作學門電子期刊》，8。檢自：
https://esep.colife.org.tw/journal_pdf/191.pdf
- 汪履維(1995)。在師資養成教育中應用「案例法」與「自傳法」的經驗。發表於國立臺灣師範大學教育研究中心主辦「師資培育的理論與實際」。
- 何俊青(2004)。九年一貫課程實施的理想與實際—國小教師知覺的觀點。《國立台北師範學院學報》，17(1)，79-110。
- 何興中、李麗偵、林蓓伶、盧政良(2020)。發展探究與實作紙筆測驗與作答數據分析。《科學研習月刊》，59(01)。：檢自：
<https://www.ntsec.edu.tw/LiveSupply-Content.aspx?a=6829&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&lsid=16173>
- 何興中、李麗偵、盧政良、廖俞雲、莊福泰、林佰鴻(2018)。「探究與實作」六階層課程模組。檢自：
http://163.32.57.16/earth/files/literature/15808.0932_00-0W000q.pdf
- 林清山(1992)。心理與教育統計學。臺北：東華書局。
- 邱婕歆、吳連賞(2017)。從十二年國民基本教育課程綱要總綱再定位教師角色。《教育學誌》，38，101-123。

- 吳仲卿(2020)。自然科領域探究與實作課程協作平台之建置分享。科學研習月刊，59(01)。檢自：<https://www.ntsec.edu.tw/LiveSupply-Content.aspx?a=6829&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&lsid=16170>
- 吳清山(2018)。素養導向教師教育內涵建構及實踐之研究。教育科學研究期刊，63(4)，261-293。doi:10.6209/jories.201812_63(4).0009
- 吳心楷、宋曜廷、簡馨瑩(2010)。錄影分析在教育研究的應用。教育科學研究期刊，55(4)，1-37。
- 洪振方(2003)。探究式教學的歷史回顧與創造性探究模式之初探。高雄師大學報，15，641-662。
- 洪詠善、范信賢(2015)。同行：走進十二年國民基本教育課程綱要總綱。新北市：國家教育研究院。
- 洪耀正、李英德、羅道正(2018)。結合情境學習理論的影片教材之研發－以物理劇場為例。科學教育月刊，409，2-16。
- 夏日新、林百鴻(2020)。利用系統思考來推展以核心素養為主軸的科學教育－以新課綱中沒有標準課本之「探究與實作」為例。評鑑雙月刊，85，29-32。
- 高雄師範大學(2019)。國立高雄師範大學中等學校教師師資職前教育課程教育專業課程科目及學分表。檢自：
<https://tecs.nknu.edu.tw/fckeditor/ckfinder/userfiles/files/%E4%B8%AD%E7%AD%89%E5%AD%B8%E6%A0%A1%E6%95%99%E5%B8%AB%E5%B8%AB%E8%B3%87%E8%81%B7%E5%89%8D%E6%95%99%E8%82%B2%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E6%95%99%E8%82%B2%E5%B0%88%E6%A5%AD%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E7%A7%91%E7%9B%AE%E5%8F%8A%E5%AD%B8%E5%88%86%E8%A1%A81080419%E6%95%99%E8%82%B2%E9%83%A8%E5%90%8C%E6%84%8F%E5%82%99%E6%9F%A5.pdf>
- 高慧蓮(2018)。科學探究的教學與評量之理論與實務。臺灣：國立屏東大學。
- 符碧真(2018)。素養導向國教新課綱的師資培育：國立臺灣大學「探究式－素養導向的師資培育」理想芻議。教育科學研究期刊，63(4)，59-87。doi:10.6209/JORIES.201812_63(4).0003
- 許瑛珧、林如章、張永達、傅祖怡(2015)。自然領域精緻師資培育與養成計畫。104 學年度教育部補助師資培育之大學精緻特色發展計畫 8。

陳世文(2019)。普通型高中自然科學「探究與實作」課程推動初探。國家教育研究院電子報，190。檢自：

https://epaper.naer.edu.tw/edm.php?edm_no=190&content_no=3387

陳竹亭(2016)。探究是實事求是的第一步。科學研習月刊，55(2)。

陳竹亭、唐功培(2013)。跨科際教育在臺灣大專校院實施之探究。長庚人文社會學報，6：2，159-195。

陳美玉(1999)。新任教師專業發展之探討。中等教育雙月刊，50(3)，42-59。

陳美智、吳裕益(2020)。證據概念—實作背後的思考。中等教育，71(1)，89-109。doi: 10.6249/SE.202003_71(1).0006

陳盈瑩(2018)。自然科教師社群 PIKA 出門交朋友 因應新課綱，替教師增能。

檢自：[https://www.parenting.com.tw/article/5077919-](https://www.parenting.com.tw/article/5077919-%E8%87%AA%E7%84%B6%E7%A7%91%E6%95%99%E5%B8%AB%E7%A4%BE%E7%BE%A4+PIKA%E5%87%BA%E9%96%80%E4%BA%A4%E6%9C%8B%E5%8F%8B+%E5%9B%A0%E6%87%89%E6%96%B0%E8%AA%B2%E7%B6%B1%EF%BC%8C%E6%9B%BF%E6%95%99%E5%B8%AB%E5%A2%9E%E8%83%BD/)

[%E8%87%AA%E7%84%B6%E7%A7%91%E6%95%99%E5%B8%AB%E7%A4%BE%E7%BE%A4+PIKA%E5%87%BA%E9%96%80%E4%BA%A4%E6%9C%8B%E5%8F%8B+%E5%9B%A0%E6%87%89%E6%96%B0%E8%AA%B2%E7%B6%B1%EF%BC%8C%E6%9B%BF%E6%95%99%E5%B8%AB%E5%A2%9E%E8%83%BD/](https://www.parenting.com.tw/article/5077919-%E8%87%AA%E7%84%B6%E7%A7%91%E6%95%99%E5%B8%AB%E7%A4%BE%E7%BE%A4+PIKA%E5%87%BA%E9%96%80%E4%BA%A4%E6%9C%8B%E5%8F%8B+%E5%9B%A0%E6%87%89%E6%96%B0%E8%AA%B2%E7%B6%B1%EF%BC%8C%E6%9B%BF%E6%95%99%E5%B8%AB%E5%A2%9E%E8%83%BD/)

陳育霖(2016)。教育現場為什麼需要探究與實作？。科學研習月刊，55(2)，19-27。

陳家騏、古建國(2017)。STEM 教學應用於高中探究與實作課程之行動研究—以摩擦力為例。物理教育學刊，18(2)，17-38。

doi:10.6212/CPE.2017.1802.02

教育部(2001)。國民中小學九年一貫課程綱要總綱。檢自：

<https://cirn.moe.edu.tw/Upload/file/36/67053.pdf>

教育部(2014)。十二年國民基本教育課程綱要總綱。檢自：

https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/87/pta_18543_581357_62438.pdf

教育部(2017a)。「十二年國民基本教育自然科學探究與實作課程師資培訓平臺計畫」合作學校計畫說明。檢自：

http://www.chsh.ntpc.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/47/pta_1398_6116347_02708.pdf

教育部(2017b)。中等學校科展指導結合探究與實作課程實施計畫。臺北市：國立臺灣科學教育館。

教育部(2020a)。教育部成立南北二中心—精進高中教育探究與實作課程及師資培育。檢自：

https://www.edu.tw/News_Content.aspx?n=9E7AC85F1954DDA8&s=0549B9276D27E924

教育部(2020b)。2020 全國科學探究競賽—這樣教我就懂。檢自：

<https://sciexplore.colife.org.tw/index.aspx>

國家教育研究院(2014)。十二年國民基本教育課程發展指引。檢自：

https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/93/pta_2558_5536793_14183.pdf

國家教育研究院(2016)。十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校-自然科學領域(草案)。檢自：

https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/90/pta_16506_654628_59074.pdf

國家教育研究院(2017)。十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校-自然科學領域。檢自：

https://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/63/pta_18538_240851_60502.pdf

郭重吉(2007)。科學教師之路—由實習輔導到專業成長：科學師資培育的省思與前瞻。臺北市：心理。

紐文英(2015)。研究方法與論文寫作。臺北市：雙葉書廊。

程遠茜(2016)。PISA 2015：數學、科學全球第 4、閱讀滑落第 23，台灣學生欠實作能力。檢自：<https://flipedu.parenting.com.tw/article/2977>

黃茂在(2012)。科學課堂之探究式教學實踐之關鍵因素探討。臺北市：國家教育研究院。

張仁壽(2014)。談新課綱與教學現場因應—BOPPPS 教學模組。物理教育學刊，15(1)，46-47。doi：10.6212/CPE.2014.1501.07

張仁壽(2015)。物理教師如何因應「自然科學探究與實作」課程-以「能資源與永續問題的探究」教學模組為例。物理教育學刊，16(2)，133-136。doi：10.6212/CPE.2015.1602.10

張仁壽(2016)。教師如何因應「探究與實作」課程—以美國推動 NGSS 實作為例。物理教育學刊，17(1)，56-58。doi:10.6212/CPE.2016.1701.08

張珮珊、賴吉永、溫微純(2017)。科學探究與實作課程的發展、實施與評量：以實驗室中的科學論證為核心之研究。科學教育學刊，25(4)，355-389。doi: 10.6173/CJSE.2017.2504.03

張珮珊、李昇翰、溫微純(2018)。素養導向課程設計與實踐——以酵素科學探究與實作課程為例。中等教育，69(2)，142-156。

doi: 10.6249/SE.201806_69(2).0024

張堯婷、陳宏銘、吳致娟、楊明仁(2017)。地科、化學與物理跨科合作之探究與實作課程規劃。科學教育月刊，400，44-50。

楊俊鴻(2018)。核心素養的課程與發展。臺北市：五南圖書。

彰化師範大學(2019a)。108 學年度全國中小科學教師探究課程設計與執行能力提升計畫招募說明。檢自：

http://www.tdps.ntct.edu.tw/ezfiles/178/1178/attach/39/pta_176067_6475201_42971.pdf

彰化師範大學(2019b)。108 學年度第 1 學期課程大綱暨教學計畫表。檢自：

http://webap0.ncue.edu.tw/DEANV2/UploadDEAN/SUBJECT/1081/00582_0CCET0115420.pdf

臺灣師範大學(2019a)。國立臺灣師範大學中等學校師資職前教育專門課程「自然科學領域物理專長」。檢自：

http://140.122.64.68/upload/tep/specialized/523/108A_PDF/108A19.pdf

臺灣師範大學(2019b)。國立臺灣師範大學中等學校師資職前教育專門課程「自然科學領域化學專長」。檢自：

http://140.122.64.68/upload/tep/specialized/523/108A_PDF/108A20.pdf

臺灣師範大學(2019c)。國立臺灣師範大學中等學校師資職前教育專門課程「自然科學領域生物專長」。檢自：

http://140.122.64.68/upload/tep/specialized/523/108A_PDF/108A21.pdf

臺灣師範大學(2019d)。國立臺灣師範大學中等學校師資職前教育專門課程「自然科學領域地球科學專長」。檢自：

http://140.122.64.68/upload/tep/specialized/523/108A_PDF/108A22.pdf

趙君傑(2020)。108 課綱新型態課程——「探究與實作」之規劃與執行經驗分享。科學研習月刊，59(1)。檢自：

<https://www.ntsec.edu.tw/LiveSupply-Content.aspx?a=6829&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&lsid=16175>

鄭志鵬(2016)。現代的老師需要後設再後設。檢自：

<https://flipedu.parenting.com.tw/article/2604>

- 歐用生(1995)。教師成長與學習。台北縣：台灣省國民學校教師研習會。
- 劉湘瑤(2016)。科學探究的教學與評量。科學研習月刊，55(2)。
- 劉燕孝、廖家榮(2018)。利用手機及 App 開發化學探究與實作課程—高中奈米硫粒實驗反應速率的測定。臺灣化學教育，28。檢自：
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=31162>
- 盧玉玲(2019)。科學教育實作學門介紹。人文與社會科學簡訊，20(2)，76-80。
- 賴光真(2017)。課程實施觀點新論。臺灣教育評論月刊，6(11)，35-40。
- 謝甫宜(2019)。素養導向探究實作課程之實踐與教學策略。檢自：
<http://www.ntsec.edu.tw/LiveSupply-Content.aspx?a=6829&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&lsid=16174>
- 簡麗賢(2020)。新課綱自然科學探究與實作的理念與實踐。科學研習月刊，59(1)。檢自：
<https://www.ntsec.edu.tw/LiveSupplyContent.aspx?a=6829&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&lsid=16176>
- 顧炳宏、陳瓊森、溫嫻純(2011)。從學生的表現與觀點探討引導發現式教學作為發展探究教學之折衷方案角色的成效—以密度概念為例。科學教育學刊，19(3)，257-282。
- Aikenhead, G. S. (1997). Toward a first nations cross-cultural science and technology curriculum. *Science Education*, 81, 217-238.
- Aikenhead, G. S. (2001). Students' ease in crossing cultural borders into school science. *Science Education*, 85, 180-188.
- American Association for the Advancement of Science(AAAS). (1964). *Science: A process approach*. Washington, DC: AAAS.
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (2007). *Qualitative research for education : an introduction to theory and methods*. (5th ed.). Boston, MA: Allyn and Bacon.
- Biological Science Curriculum Study, BSCS. (2011). *Biology: A human approach* (4th ed.). Dubuque, IA: Kendall Hunt.
- Blank, L. M. (2000). A metacognitive learning cycle: A better warranty for student understanding? *Science Education*, 84(4), 486-506.

- Britner, S. L., & Finson, K. D. (2005). Preservice teachers' reflections on their growth in an inquiry-oriented science pedagogy course. *Journal of Elementary Science Education*, 17(1), 39–54.
- Carrington, D. (2019). Why the Guardian is changing the language it uses about the environment. Guardian. Retrieved from <https://www.theguardian.com/environment/2019/may/17/why-the-guardian-is-changing-the-language-it-uses-about-the-environment>
- Chin, C. C. (2005). First-year pre-service teachers in taiwan—do they enter the teacher program with satisfactory scientific literacy and attitudes toward science? *International Journal of Science Education*, 27(13), 1549-1570.
- Costenson, K., & Lawson, A. E. (1986). Why isn't inquiry used in more classrooms?. *The American Biology Teacher*, 48(3), 150-158.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2007). *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. Sage publications.
- Etheredge, S., & Rudnitsky, A. N. (2003). *Introducing students to scientific inquiry: How do we know what we know?*. Allyn & Bacon, Boston.
- Flick, L. B., & Lederman, N. G. (Eds.). (2006). *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education*. Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Foucault, M. (1994), in S.Walter (trans.), *Überwachen und Strafen*, Frankfurt am Main, Germany: Suhrkamp Verlag (Original work published 1975).
- Friedrichsen, P. J., & Barnett, E. (2018). Negotiating the meaning of Next Generation Science Standards in a secondary biology teacher professional learning community. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(7), 999-1025. doi:10.1002/tea.21472
- Gott, R. & Roberts, R. (2008). *Concepts of evidence and their role in open ended practical investigations and scientific literacy*. Background to published papers. Durham University. Durham.
- Holshue, M. L., DeBolt, C., Lindquist, S., Lofy, K. H., Wiesman, J., Bruce, H., ... & Diaz, G. (2020). First Case of 2019 Novel Coronavirus in the United States. *New England Journal of Medicine*, 382(10), 929-936. doi: 10.1056/NEJMoa2001191.

- Kawasaki, J., & Sandoval, W. A. (2019). The Role of Teacher Framing in Producing Coherent NGSS-Aligned Teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 1-17. doi:10.1080/1046560x.2019.1657765
- Kang, E. J., Bianchini, J. A., & Kelly, G. J. (2013). Crossing the border from science student to science teacher: Preservice teachers' views and experiences learning to teach inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 24(3), 427-447.
- Klein, M. F., & Goodlad, J. I. (1978). A Study of Curriculum Decision Making in Eighteen Selected Countries.
- Knowles, J. G. (1992). Models for understanding pre-service and beginning teachers' biographies: Illustrations from case studies. In I. F. Goodson(Ed.), *Studying teachers' lives*. London: Routledge.
- Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. (2006). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The cambridge handbook of the learning sciences*. New York: Cambridge University Press.
- Krajcik, J. S., & Czerniak, C. M. (2007). *Teaching science in elementary and middle school: A project-based approach*. New York: Routledge.
- Krajcik, J. S., & Mamlok-Naaman, R. (2006). Using driving questions to motivate and sustain student interest in learning science. In K. Tobin(Ed.), *Teaching and learning science: An encyclopedia*. Westport, CT: Greenwood Publishing Group.
- Llewellyn, D. (2011). *Differentiated science inquiry*. Thousand Oaks, CA: Corwin
- Llewellyn, D. (2013). *Teaching high school science through inquiry and argumentation*. Corwin Press.
- Lortie, D. C. (1975). *Schoolteacher: A sociological study*. Chicago: The University of Chicago Press.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. National Academies Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and national science education standards: A guide for teaching and learning*. National Academies Press.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2018). The future of education and skills: Education 2030.

- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3rd ed.). California: Sage.
- Pieters, J., Voogt, J., & Pareja Roblin, N. (2019). Collaborative curriculum design in teacher teams: Foundations In J. Voogt, J. Pieters, N. Pareja Roblin. (Eds.), *Collaborative curriculum design for sustainable innovation and teacher learning* (pp.5-18). Springer Nature.
- Ritchhart, R., Church, M., & Morrison, K. (2011). *Making thinking visible: How to promote engagement, understanding, and independence for all learners*. John Wiley & Sons.
- Shulman, L. S., & Keislar, E. R. (Eds.). (1966). *Learning by discovery: A critical appraisal*. Chicago: Rand-McNally
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Snyder, J., Bolin, F., & Zumwalt, K. (1992). Curriculum implementation. In P. W. Jackson (Ed.). *Handbook of research on curriculum* 402-435. New York: Macmillan.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1997). Grounded Theory in Practice. *Grounded Theory in Practice*.
- Sweeney, D. R. (2010). *Student-centered coaching: A guide for K-8 coaches and principals*. CA: Corwin Press.
- Tafoya, E., Sunal, D., & Knecht, P. (1980). Assessing inquiry potential: A tool for curriculum decision makers. *School Science & Mathematics*, 80(1), 43-48.
- TNS Political & Social. (2018). Flash Eurobarometer 464—Fake News and Disinformation Online. *Brussels: European Commission*. Retrieved from <http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/index.cfm/ResultDoc/download/DocumentKy/82797>.
- Trowbridge, J. H., & Bybee, R. W. (1990). *Applying standards-based constructivism: A two-step guide for motivating students*. New York: Cambridge University Press.
- Trumbull, D., & Kerr, P. (1993). University researchers' inchoate critiques of science teaching: Implications for the content of pre-service science teacher education. *Science Education*, 77, 301–317.

- Volkman, M., & Abell, S. K. (2003). Rethinking laboratories: Tools for converting cookbook labs into inquiry. *The Science Teacher*, 70(6), 38-41.
- White, B. Y., & Schwarz, C. V. (1998). Alternative approaches to using modeling and simulation tools for teaching science. In W. Feurzeig & N Roberts (Eds.), *Computer modeling and simulation in science and mathematics education* (pp. 226-256). New York, NY: Springer.
- Windschitl, M. (2004). Folk theories of “inquiry”: How preservice teachers reproduce the discourse and practices of a theoretical scientific method. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 481–512.



附錄一 介於老師和非老師之間：理學院師資生的 「探究與實作教學能力」大調查

第一部分 這三題是我們想知道你對於以實驗教學引導學生學習科學方法及知識的能力	1. 你能依學習目標安排實驗教學或實作教學活動，進而引導學生進行預測、觀察及解釋現象，讓學生們學到科學探究能力並讓他們知道這些實驗或實作教學活動背後的核心科學知識。 ☐非常不符合 ☐有點不符合 ☐普通 ☐有點符合 ☐非常符合。 2. 你能安排實驗教學或實作活動來教會學生操作儀器並學得科學探究能力(發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享)。 ☐非常不符合 ☐有點不符合 ☐普通 ☐有點符合 ☐非常符合。 3. 你能安排實驗教學或實作活動，培養學生細心、謹慎且符合邏輯的科學態度。 ☐非常不符合 ☐有點不符合 ☐普通 ☐有點符合 ☐非常符合。
第二部分 這三題是我們想知道你對於引導學生認識科學的態度與本質的教學能力	1. 你能培養學生對科學探究的興趣，並讓學生理解科學能力是多元的。 ☐非常不符合 ☐有點不符合 ☐普通 ☐有點符合 ☐非常符合。 2. 你能引導學生養成應用科學思考與探究的習慣，能運用科學的思考模式判斷生活中科學資訊的可信度。 ☐非常不符合 ☐有點不符合 ☐普通 ☐有點符合 ☐非常符合。 3. 你能引導學生認識科學本質，察覺相同的自然現象可用多個理論解釋，並了解科學知識發展與社會、文化等有緊密關係。 ☐非常不符合 ☐有點不符合 ☐普通 ☐有點符合 ☐非常符合。
第三部分 最後這九題是我們想知道你對於	1. 你能指導或引導學生從日常經驗、學習活動或周遭的現象，察覺可探究的問題。 ☐非常不符合 ☐有點不符合 ☐普通 ☐有點符合 ☐非常符合。

引導學生完成探究與實作活動與科學專題研究的能力	2. 你能指導或引導學生從可探究的問題中，蒐集所需的資訊，並訂定一個可測試的研究問題。 ☐非常不符合 ☐有點不符合 ☐普通 ☐有點符合 ☐非常符合。
	3. 你能指導或引導學生判斷與研究問題相關的影響因素，並分析因素間的關係。 ☐非常不符合 ☐有點不符合 ☐普通 ☐有點符合 ☐非常符合。
	4. 你能指導或引導學生根據所提出的研究問題，規劃適當的研究計畫及流程以獲得有效的資料數據。 ☐非常不符合 ☐有點不符合 ☐普通 ☐有點符合 ☐非常符合。
	5. 你能指導或引導學生如何分析資料，並從資料變化趨勢中形成解釋和推理。 ☐非常不符合 ☐有點不符合 ☐普通 ☐有點符合 ☐非常符合。
	6. 你能指導或引導學生依探究所得的解釋形成論點，並依證據提出結論或合理的解決方案。 ☐非常不符合 ☐有點不符合 ☐普通 ☐有點符合 ☐非常符合。
	7. 你能指導或引導學生嘗試由探究結果建立合理模型，以模型描述所觀察的現象。 ☐非常不符合 ☐有點不符合 ☐普通 ☐有點符合 ☐非常符合。
	8. 你能指導或引導學生以適當的溝通工具呈現自己的探究過程及成果，並在傾聽他人的報告中，提出合理的疑問或改善方案。 ☐非常不符合 ☐有點不符合 ☐普通 ☐有點符合 ☐非常符合。
	9. 你能指導或引導學生反思自己探究成果的應用性、限制性及改進之處，並省思科學資訊需檢視其真實性與可信度。 ☐非常不符合 ☐有點不符合 ☐普通 ☐有點符合 ☐非常符合。

網路版本請參見：<https://www.surveycake.com/s/wG3y>